

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гомеля

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**з напрямку підготовки (спеціальність) 6.051301 Хімічна технологія (161
Хімічні технології та інженерія)**

**на тему: Цех з виробництва мішкового паперу в системі Товариства з
обмеженою відповідальністю «Понінківська картонно-паперова фабрика
– Україна» з розробленням технологічного потоку**

Виконав:

студент IV курсу, групи ЛЦ-51

Ластов'як Юрій Ярославович _____

Керівник:

К.т.н., доц.,

Мовчанюк О.М. _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2019 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП 5109. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	81	
3	A1	ДП 5109. 01.000 ТК	Технологічна схема	1	
4	A1	ДП 5109. 02.000 ТК	План цеху	1	
5	A1	ДП 5109. 03.000 ТК	Поперечний розріз	1	
6	A1	ДП 5109. 04.000 ТК	Поздовжній розріз	1	

				ДП 4109 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Ластов'як Ю.Я.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Мовчанюк О.М.				1	1
Заф.каф.	Гомеля М.Д.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. Е та ТРП Гр. ЛЦ-41	

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет інженерно-хімічний

(повна назва)

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший бакалаврський

Спеціальність (спеціалізація) 6.051301 Хімічна технологія (161 Хімічні технології та інженерія)

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

М.Д. Гомеля

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«___» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект (роботу) студенту**

Ластов'яку Юрію Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Цех з виробництва мішкового паперу в системі Товариства з обмеженою відповідальністю «Понінківська картонно-паперова фабрика – Україна» з розробленням технологічного потоку

керівник проекту (роботи) Мовчанюк Ольга Михайлівна к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «22» травня 2019 р. № 1323-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 07 червня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) мішковий папір марки М-70А, продуктивність 100 тис. т/рік.

4. Зміст (дипломної роботи) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Описати та обґрунтувати розроблення технологічного потоку, розробити технологічну частину, розрахувати матеріальний баланс, навести теоретичні відомості, описати та розрахувати механіко-енергетичну частину, описати будівельну частину та розробити заходи щодо охорони навколишнього середовища.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням

обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) технологічна
схема, план цеху, поздовжній розріз, поперечний розріз.

6. Дата видачі завдання 15 квітня 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання	15.04.2019	
2	Реконструкція технологічної схеми	15.04.2019 – 29.04.2019	
3	Технологічна частина	29.04.2019 – 03.05.2019	
4	Розрахункова частина	03.05.2019 – 11.05.2019	
5	Оформлення графічної частини	11.05.2019 – 25.05.2019	
6	Будівельна частина	25.05.2019 – 31.05.2019	
7	Розробка заходів з захисту довкілля	31.05.2019 – 04.06.2019	

Студент

(підпис)

Ю.Я. Ластов'як

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

О.М. Мовчанюк

(ініціали, прізвище)

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Цех з виробництва мішкового паперу в системі Товариства з обмеженою відповідальністю «Понінківська картонно-паперова фабрика – Україна» з розробленням технологічного потоку

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект: 81 стор., 8 табл., 6 рис., 13 першоджерел, 1 додаток

Мета дипломного проекту – розробка технологічного потоку з виробництва мішкового паперу в системі товариства з обмеженою відповідальністю «Понінківська картонно-паперова фабрика – Україна» продуктивністю 97 тис. т/рік.

Наведено основні вимоги до сировини, хімікатів та готової продукції.

Розроблено та описано технологічну схему виробництва мішкового паперу марки М-70А.

Виконано розрахунки матеріального балансу води та волокна, а також теплового балансу контактного сушіння.

Наведено теоретичні відомості про основні технологічні процеси.

Наведено заходи щодо охорони навколишнього середовища на підприємстві.

ЦЕЛЮЛОЗА, РОЗМЕЛЮВАННЯ, САКОЦЕЛЛ-309, НАПІРНИЙ ЯЩИК, ЯЩИК «РОТАБЕЛЬ», БАШМАЧНИЙ ПРЕС, СУШІННЯ, ПРИСТРІЙ ДЛЯ МІКРОКРЕПУВАННЯ «EXPANDA», МІШКОВИЙ ПАПІР

					ДП 5109.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Цех з виробництва мішкового паперу в системі Товариства з обмеженою відповідальністю «Понінківська картонно-паперова фабрика – Україна» з розробленням технологічного потоку	Літ.	Арк.	Акркушів
Розроб.		Ластов'як Ю.Я.						
Перевір.		Мовчанюк О.М.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Мовчанюк О.М.				«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ІХФ, ЛЦ-51		

ABSTRACT

Graduation project: 81 p., 8 tab., 6 fig., 13 primary sources, 1 appendix

The purpose of the diploma project is the development of a bag manufacturing shop in the system of the Limited Liability Company "Poninka Cardboard and Paper Mill – Ukraine" with a productivity of 97 thousand tons/year.

The basic requirements for raw materials, chemicals and finished products are given.

The technological scheme of bag production of the brand M-70A has been developed and described.

The calculations of the material balance of water and fibers, as well as the thermal balance of contact drying, have been fulfilled.

Theoretical information about the main technological processes is given.

The measures on environmental protection at the enterprise are given.

CELLULOSE, ROLLING, SAKOCELL-309, PRESSURE BOX, ROTABEL BOX, SHOE PRESS, DRYING, MICRO-STRETCHER «EXPANDA», BAG PAPER

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОЕКТУ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ	11
2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ	14
2.1 Характеристика сировини, хімікатів та готової продукції	14
2.2 Технологічна схема та її опис	18
2.3 Теоретичні відомості про основні технологічні процеси	23
2.3.1 Розмелювання волокнистих напівфабрикатів	23
2.3.2 Формування полотна	26
2.3.3 Пресування паперового полотна	27
2.3.4 Сушіння паперового полотна	29
2.3.5 Особливості технології мішкового паперу	32
2.3.6 Мікрокрепування мішкового паперу	33
3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ	37
3.1 Блок-схема балансу води та волокна	37
3.2 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу	38
3.3 Розрахунок матеріального балансу	40
3.4 Тепловий баланс	65
4 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	67
5 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ	74
6 ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	76
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	79
ДОДАТОК А	80

ВСТУП

На сьогоднішній день паперова промисловість України представлена близько 100 підприємствами, що випускають і перероблюють папір і картон. Кожного року галузь випускає товари на 5,5 млрд. гривень. Найпотужніші підприємства розташовані у Львівській, Хмельницькій, Одеській, Київській, Житомирській, Луганській, Чернігівській та Дніпропетровській обдастях. У галузі працює близько 35 тис. працівників.

В нашій країні паперова промисловість має переважно переробний характер. Існуючі потужності підприємств галузі з виробництва паперу і картону розраховані в основному на переробку целюлозної сировини та макулатури. Через відсутність власної сировинної бази є рентабельним розвиток виробництва малотоннажних і спеціальних видів паперу і картону – папір конденсаторний, антикорозійний, сигаретний, папір з синтетичних волокон для використання у військово-промисловому комплексі, пергамін, пакувальний, фільтрувальний папір і картон, а також санітарно-гігієнічний папір. Також з екологічної та економічної точки зору доцільним є виробництво мішкового паперу [1].

Лідерами з виробництва мішкового паперу є США і Канада. В західній Європі найпотужніший виробник даного виду продукції – Швеція, та у відповідності до запасів сировини – Фінляндія, Іспанія та Австрія. На сьогодні світовий об'єм виробництва мішкового паперу становить 4 – 4,5 млн. т/рік, або 15 млрд. мішків, а рівень використання виробничих потужностей – 60 %.

В кінці XX століття спостерігався значний спад споживання мішкового паперу. Причинами цього стали два фактори – заміна паперових мішків на поліетиленові та перехід до перевезення сипучих матеріалів, зокрема цементу, у спеціальних ємностях – силосах. Проте вже на початку XXI століття попит на мішковий папір почав збільшуватись, оскільки споживання поліетиленових мішків знижується через суттєві їх недоліки. Один з них – довгий період саморозкладання поліетилену та, відповідно, перетворення відрацьованих мішків в джерело утворення важкоперероблюваних матеріалів, для ліквідації яких

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

необхідні додаткові економічні затрати [2].

Випускається різноманітний асортимент мішкового паперу. До основних видів мішкового паперу належать непросочений папір машинної гладкості з масою 1 м² 65 – 90 г із сульфатної невібіленої целюлози та папір підвищеної розтяжності – мікрокрепований. Непросочений папір використовують для виготовлення всіх видів паперових мішків, які являють собою екологічно чистий вид упаковки [3].

На сьогодні ТОВ «Понінківська картонно-паперова фабрика», що на Хмельниччині, є одним із провідних та багатофункціональних підприємств целюлозно-паперової галузі України. Зараз список продукції, яка випускається на фабриці, включає в себе картон для плоских шарів гофрокартону, папір для гофрування, папір білий, папір обгортковий та гофропродукцію [4].

Тому темою даного дипломного проекту є розроблення технологічного потоку виробництва мішкового паперу у системі товариства з обмеженою відповідальністю «Понінківська картонно-паперова фабрика – Україна», марки М-70А продуктивністю 97 тис.т/рік, з метою забезпечення потреб у ньому власного ринку.

Враховуючи тенденції зростання потреби населення у продукції целюлозно-паперової галузі актуальною є мета даного дипломного проекту – розроблення технологічного потоку виробництва мішкового паперу.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1 ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОЕКТУ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ

Понінківська картонно-паперова фабрика – одне з найстаріших в Україні папероробних підприємств. Протягом 230 років виготовлялася різноманітна продукція – від паперу та різноманітного асортименту паперової продукції до гофрокартону та гофропродукції. На сьогодні на фабриці не виготовляється мішковий папір [4].

Мішковий папір – дешевий, екологічно чистий, простий в плані утилізації, до того ж практичний у використанні продукт. Низька вартість полягає у простоті виробництва даного виду продукції. Якість виробів з мішкового паперу також постійно зростає. Популярність мішкового паперу зумовлена його універсальністю – паперові мішки використовують у різноманітних галузях промисловості, наприклад у будівельній та харчовій.

Саме тому на сьогоднішній день є актуальним розроблення технологічного потоку з виробництва мішкового паперу, адже потреба ринку зростає, а через нестабільну політичну ситуацію кількість імпорту зменшується.

В якості сировини для виробництва мішкового паперу використовують сульфатну невібілену целюлозу нормального виходу (48 %), яку отримують із хвойних порід деревини.

Середня маса 1 м² мішкового паперу становить 50 – 80 г, ступінь проклеювання такого паперу зазвичай підтримується на рівні 1,5 – 2,0 мм. Даний вид паперу виготовляється на папероробних машинах середньої швидкості марок Б-28 та Б-45. При виробництві мішкового паперу нормується відносне подовження при розтягуванні, яке становить 2,7 – 3,9 %. Повітропроникність такого паперу складає 150 – 660 см³/хв, а опір роздиранню в машинному напрямку – 670 – 850 мН [5].

Для кращого дотримання цих показників якості пропонується включити в технологічну схему виробництва мішкового паперу наведені нижче конструктивні рішення.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Згідно з ГОСТ 2228 – 81 мішковий папір виготовляється зі 100 % хвойної невібіленої сульфатної целюлози.

Оскільки целюлоза надходить у сухому вигляді, то її необхідно розволокнути у гідророзбивачі та розмолоти до ступеня млива 35 – 36 °ШР. Для розмелювання запропоновано встановити здвосні млини, тому що хвойна невібілена целюлоза належить до напівфабрикатів, які важко розмелюються.

Згідно вимогам стандарту непросочений мішковий папір марки М-70А проклеюється в масі, тому в композиційний басейн додається каніфольний клей та глинозем для його закріплення, а також зворотній брак.

Для забезпечення рівномірного випуску маси на сітку ПРМ запропоновано встановити напірний ящик SymFlo турбулентного типу, оскільки швидкість машини є невисокою. Напірний ящик такого типу забезпечує рівномірний розподіл маси в поперечному напрямку по всій ширині сіткового столу. Напірний ящик оснащений автоматичною цифровою системою регулювання розміру випускної щілини. Для рівномірного розподілу маси по усій ширині машини та усунення анізотропії готової продукції встановлюється потокорозподільник із перфорованою плитою.

На сітковому столі використовується синтетична сітка фірми Nuusk Corporation, що виготовлена із тканини «Формекс», вона безшовна, а тому забезпечує відсутність маркування на паперовому полотні, до того ж має у 2 – 3 рази довший термін експлуатації, порівняно з бронзовими, незначну масу (приблизно у 8 разів легша), на кромках сітки не утворюються вм'ятини та мертві складки, сітка менше забруднюється, легко промивається і паперове полотно легше знімається (забезпечує вищу сухість порівняно з металевою), стійка до зміни рН середовища.

Для підвищення продуктивності папероробної машини та покращення показників якості мішкового паперу запропоновано встановити модернізовану ПРМ. Сітковий стіл оснащений новими зневоднювальними елементами Varioline фірми JBS. Машина оснащена системою автоматизації Paper IQ Plus, що дозволяє підвищити її продуктивність [2].

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Встановлена пресова частина з трьохвальним пресом з центральним відсмоктувальним валом та башмачним пресом з подовженою зоною пресування, що дозволяє досягнути до 45 % сухості полотна. Така сухість досягається за рахунок двох зон пресування у першому пресі та подовженої зони пресування у другому пресі [7].

Сушильна частина складається з 51 сушильного циліндру, які утворюють зону попереднього сушіння (35 циліндрів) та зону досушування (16 циліндрів). Після V сушильної секції встановлено пристрій Expanda, призначений для мікрокрепування мішкового паперу, яке відбувається за вологості полотна 70 %.

Встановлено новий повздовжньо-різальний верстат, який забезпечує рівномірне намотування паперу, високу якість обрізання, підвищення продуктивності за рахунок збільшення швидкості та зниження кількості браку, а також розширення асортименту рулонів мішкового паперу за форматами.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ

2.1 Характеристика сировини, хімікатів та готової продукції

Даним дипломним проектом передбачено виготовлення непросоченого мішкового паперу марки М-70А згідно з ГОСТ 2228 – 81. Сировиною для виробництва такого паперу є сульфатна невібілена хвойна целюлоза. Також в композицію паперу додається каніфольна дисперсія «Сакоцелл 309» та сульфат алюмінію.

Згідно з ГОСТ 11208 – 82 [8] сульфатна невібілена хвойна целюлоза призначена для виробництва різного асортименту паперу та картону. В залежності від призначення та показників якості целюлоза повинна виготовлятися наступних марок: НС-1, НС-2, НС-3. Показники якості целюлози наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники якості сульфітної хвойної невібіленої целюлози

Назва показника	Значення для марки			
	НС-1	НС-2		НС-3
		Вищий сорт	Перший сорт	
1. Ступінь делігніфікації	24 – 32	26 – 36	22 – 36	20 – 26
2. Розривна довжина, м, не менше	9100	8700	8200	7800
3. Абсолютний опір продавлюванню, кПа, не менше	470	470	—	—
4. Абсолютний опір роздиранню, мН, не менше	830	810	760	630
5. Засміченість, шт., не більше смітинок площею: більше 0,1 до 1,0 мм ² , включ.	2200	—	—	3100
6. Вологість, %, не більше	23	23	23	23

У даному дипломному проєкті запропоновано використовувати целюлозу марки НС-2 (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Призначення целюлози

Марка	Призначення
НС-1	Для високоміцних технічних та пакувальних видів паперу: паперу-основи вологоміцної для шліфувальних шкірок, снови парафінованого паперу марок ОДП-35 та ОДПН-28 та для спеціальних видів паперу
НС-2	Для мішкового паперу, світлонепроникного паперу, для паперу текстильних патронів та конусів, основи для клеєвої стічки, для плоских шарів картону, картону ящикового, водостійкого, облицювального, прокладкового, взуттєвого та інших видів паперу і картону
НС-3	Для вологостійкого паперу, паперу-основи для внутрішніх шарів декоративного пластику, картону для торцевих кришок фільтрувальних елементів

Згідно з ТУ 2454 – 001 – 44408713 – 99 [1] каніфольна дисперсія «Сакоцелл 309» дозволяє здійснювати проклеювання при більш високих значеннях рН у порівнянні з традиційними каніфольними клеями. Технічні характеристики каніфольної дисперсії наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика «Сакоцелл 309»

Назва показника	Норма
1. Зовнішній вигляд	Біла дисперсія
2. Масова частка сухих речовин, %	30 ± 1
3. Розмір частинок, мкм	1,0
4. В'язкість при 20 °С, мПа/с	5
5. Щільність при 20 °С, кг/м ³	1030
6. рН розчину	6,1 – 6,7

Для стабільного проклеювання «Сакоцелл 309» потрібні наступні кількості глинозему, %:

папір без деревної маси 0,5 – 1,0

папір, що містить в собі деревну масу та макулатуру до 2,5

Згідно з ГОСТ 12966 [9] алюмінію сульфат технічний (глинозем) виготовляється для очищення води, а також для використання у паперовій, текстильній та інших галузях промисловості. Показники якості технічно алюмінію сульфату наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Показники якості очищеного сульфату алюмінію

Назва показника	Норма для марок		
	А	А	
		1-й сорт	2-й сорт
1. Зовнішній вигляд	Незлежувальні пластинки, брикети, шматки різної форми та розміру масою не більше 10 кг білого кольору. Допускаються бліді відтінки рожевого, сірого та блакитного кольорів.		
2. Масова частка Al_2O_3 , %, не менше	17	16	15
3. Масова частка нерозчинного у воді залишку, %, не більше	0,2	0,3	0,7
4. Масова частка заліза, %, не більше	0,02	0,02	0,3
5. Масова частка вільної сірчаної кислоти, %, не більше	-		0,1
6. Масова частка миш'яку, %, не більше	0,001	0,001	0,003

Даним дипломним проектом передбачено виготовлення непросоченого

мішкового паперу марки М-70А згідно з ГОСТ 2228 – 81 [10]. В залежності від призначення і показників якості папір повинен вироблятися марок М-70А, М-70Б, М-78А, М-78Б, М-78В, В-70, В-78, Б-70, Б-78, П.

Марки М-70А, М-70Б, М-78А, М-78Б, М-78В – непросочений мішковий папір, призначений для виготовлення мішків різних типів і марок.

Марки В-70, В-78 – непросочений, вологостійкий мішковий папір, призначений для виготовлення мішків різних типів і марок під вантажі, які перевозять за підвищеної вологості повітря.

Марки Б-70, Б-78 – бітумований мішковий папір, просочений з одної сторони, призначений для виготовлення мішків різних типів і марок під малогігроскопічні хімікати та мінеральні добрива.

Марки П - бітумований мішковий папір, просочений з одної сторони, ламінований поліетиленом, призначений для виготовлення мішків різних типів і марок під гігроскопічні та агресивні хімікати та добрива.

Даним проектом передбачено виготовлення непросоченого мішкового паперу марки М-70 А (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Норми показників якості мішкового паперу марки М-70 А

Назва показника	Норма
1. Маса паперу площею 1 м ² , г	70 ± 3,0
2. Руйнівне зусилля в поперечному напрямку, Н, не менше:	
у сухому стані	42
у вологому стані	-
3. Відносне подовження при розтягуванні, %, не менше	
у поперечному напрямку	3,9
у машинному напрямку	-
4. Абсолютний опір роздиранню в машинному напрямку, мН, не менше	770

5. Повітропроникність, см ³ /хв	200 – 600
6. Поверхнєве поглинання води при односторонньому змочуванні (Кобб ₆₀) сіткової сторони, г, не більше	27
7. Вологість, %	7 – 11

2.2 Технологічна схема та її опис

На рис. 2.1 зображено технологічну схему виробництва непросоченого мішкового паперу марки М-70 А.

Технологічною схемою передбачено виробництво непросоченого мішкового паперу зі 100 % сульфатної невібіленої целюлози з хвойних порід деревини марки НС-2.

Хвойна целюлоза за допомогою транспортера подається зі складу сировини у гідророзбивач (1). Гідророзбивач працює неперервно для підтримання рівномірної концентрації маси в ньому 3,66 %, для розпуску целюлози додається реєстрова вода. Розпущена на волокна маса подається відцентровим насосом у басейн (2) для акумулювання розволокненої маси. Далі маса подається на однодискові млини (3) для розмелювання.

Сульфатна хвойна невібілена целюлоза піддається розмелюванню в присутності води на однодискових млинах (3) до ступеня млива 35 – 36 °ШР. Після кожних двох млинів встановлено акумулюючі басейни (4), які попереджують значне підвищення тиску маси в системі та її нагрівання, сприяють вирівнюванню концентрації та набуханню маси. Технологічною схемою передбачено встановлення чотирьох дискових млинів. Оскільки початковий ступінь млива целюлози становить 10 – 12 °ШР, кінцевий 35 – 36 °ШР, а при збільшенні ступеня млива на кожні 8 – 10 °ШР необхідно встановити 1 млин. Далі маса подається у композиційний басейн (5), куди рідким потоком надходить біла деревна маса та зворотній брак, у кількості 5,5 %, після чого перекачується в машинний басейн (6). За допомогою насоса маса подається в бак постійного рівня (7).

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Для забезпечення ретельного очищення маси перед папероробною машиною і для кращого формування паперового полотна, здійснюється розбавлення маси реєстровою водою до концентрації 0,75 % в змішувальному насосі №2 (8). Перед відливанням паперу розбавлена маса піддається очищенню з метою видалення забруднень, які утворилися в процесі підготовки маси. До таких забруднень відносяться мінеральні включення, питома маса яких більша за масу волокна (залишки піску, дрітків та інших дрібних частинок нерослинного походження). Далі зі змішувального насосу (8) маса з концентрацією 0,75 % подається на перший ступінь очищення на центриклинерах (9) під тиском 0,2 – 0,25 МПа. Під дією відцентрової сили важкі включення відкидаються до стінки корпусу та, опускаючись вниз, виводяться через жолоб важких включень. Відходи від першого ступеня збираються в закритому колекторі і після розбавлення обіговою водою до концентрації 0,7 %, прямують на другий ступінь очищення. Очищена маса з другого ступеня подається на повторне очищення на перший ступінь. Відходи другого ступеня збирають в жолобі (№2), і поступають на третій ступінь очищення. Відходи третього ступеня надходять у відвал, а очищена маса – на повторне очищення на другий ступінь. Очищена маса з концентрацією 0,7 % подається на змішувальний насос №1 (10), де розбавляється реєстровою водою до концентрації 0,5653 % перед подачею на грубе очищення.

Далі маса поступає на вузлоуловлювач закритого типу (селектифайер) (11), який очищує масу від забруднень волокнистого характеру (вузли, пучки волокон, згустки, шматочки бруду). Паперова маса подається у верхню частину апарата під тиском через тангенціально встановлений штуцер. Очищена маса під дією напору та за допомогою лопатей ротора проходить через сито і вивантажується з апарата через загальний штуцер. Маса, очищена від волокнистих включень виходить із селектифайера і подається у напірний ящик турбулентного типу (13). Відходи, що не пройшли через сито, опускаються вниз і видаляються на вібраційну сортувалку (12), з якої очищена маса подається в басейн реєстрових вод (33). Включення, які затрималися на сітці, надходять в цех виробництва картону. Після очищення маса готова до відливання на сітці папероробної машини. Її подають в напірний ящик

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

(13) турбулентного типу за концентрації маси 0,56 %.

Формування полотна відбувається за допомогою грудного валу (14) та формувальної дошки (15), на якій проходить м'яке зневоднення отриманого полотна. Далі відбувається подальше зневоднення полотна на гідропланках (16) до сухості 4,0 %. Подальше більш жорстке зневоднення відбувається на трьох відсмоктувальних ящиках (17) та ящику «ротабель» (18) до сухості 14,8 %. Після цього полотно поступає на гауч-вал (19) з двома вакуумними камерами, після якого досягається сухість 22,6 %.

Для подальшого зневоднення сире паперове полотно передається у пресову частину за допомогою вакуум-пересмоктувального пристрою. Пресова частина представлена двома пресами: трьохвальним пресом з двома зонами пресування (20) та башмачним пресом (21) з подовженою зоною пресування. Сухість після пресів становить 44,2 %.

В сушильній частині за допомогою сушильних циліндрів (22) відбувається зневоднення полотна до необхідної сухості 92,45 %. Спосіб сушіння – контактний, який відбувається за допомогою пари, яка подається в середину сушильних циліндрів. Сушіння відбувається під час контакту вологого полотна з нагрітою поверхнею сушильних циліндрів, і при вільному проходженні полотна між циліндрами. Після проходження попереднього сушіння паперове полотно надходить на установку для мікрокрепування (23), а далі у досушувальну частину.

Папір після сушіння проходить накат (24). Після цього отриманий папір поступає на поздовжньо-різальний верстат (25) і на склад готової продукції.

Мокрий брак за концентрації 0,8 % із гауч-мішалки (31) безперервно подається на згущувач (29), де відбувається згущення маси до концентрації 3,66 %, а потім в басейн обігового браку (30). Брак, який утворився в пресовій частині, також поступає в гауч-мішалку. Із басейну обігового браку брак подається в композиційний басейн (5).

Для розпуску сухого машинного браку, який утворився під час сушіння та оброблення паперу, встановлено гідророзбивач (26). Розпуск здійснюється з

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

використанням реєстрової води із басейну реєстрових вод (34). Далі розволокнена маса поступає в басейн розпущеної маси (27), далі на пульсаційний млин (27) для дорозволокнення, а звідти в басейн обігового браку (30).

Передбачено також використання обігових вод. Регістрові води з концентрацією волокна 0,1884 % використовуються в гідророзбивачах хвойної целюлози та макулатури, для розбавлення маси в змішувальних насосах №1 та №2, а також для розпуску обігового браку. Вода з більш низьким вмістом волокна, тобто це вода від гауч-вала, відсмоктувальних ящиків та від промивання сітки, подається в жолоби №1 та №2 батареї центриклинерів. Надлишок цієї води, а також реєстрової надходить на прояснення, після чого – на очисні споруди.

Вода після дискового фільтра (32) з вмістом волокна 0,001 % направляється у басейн прояснених вод (33), а скоп з концентрацією 3,66 % надходить в басейн обігового браку.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.3 Теоретичні відомості про основні технологічні процеси виробництва

2.3.1 Розмелювання волокнистих напівфабрикатів

Розмелювання волокнистих напівфабрикатів відбувається з використанням води і є однією з найважливіших технологічних операцій при виробництві паперу, оскільки визначає властивості отриманої продукції.

На розмелювання припадає найбільша частина енергії, яка витрачається у процесі виробництва паперу. На здійснення цього процесу витрачається до 70 % від загального споживання енергії. Папір, виготовлений з високоміцної, проте нерозмеленої сировини, має високу пористість, нерівномірну структуру, низьку міцність, тому є непридатним для споживання. Нерозмелені волокна погано фібрилюються, збиваються в пучки та в готовому папері мають слабкі міжволоконні зв'язки.

Розмелювання волокнистих напівфабрикатів проводять з метою надання волокнам певної довжини, товщини, надання отриманому продукту необхідної структури полотна, а також для надання волокну певного ступеня гідратації, щоб розвинути поверхню волокон та підвищити їх пластичність і гнучкість.

Розмелювання ведеться у присутності води за концентрації маси 2 – 8 % в розмелювальних апаратах періодичної і безперервної дії – ролах, конічних млинах, рафінерах та ін. Волокниста суспензія безперервним потоком поступає до ножів робочого органу апарату, що складається з нерухомо закріплених ножів (статора) і ножів, що обертаються (ротора). Проходячи між ножами ротора і статора, зазор між якими можна регулювати, волокна піддаються ріжучій дії кромки ножів і вкорочуються, розщеплюються, роздавлюються поверхнями торців ножів та фібрилюються [5].

Під час розмелювання відбуваються наступні процеси:

- волокна укорочуються під час попадання їх між ножи ротора і статора;
- волокна фібрилюються;
- волокна набухають у воді, зв'язок між фібрилами послаблюється в

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

результаті чого волокна легше розщеплюються.

Оскільки розмелювання здійснюється у водному середовищі, то вода відіграє винятково важливу роль, тому що вона, як і волокна, містить гідроксильні групи і здатна з'єднуватися з волокнами за допомогою водневого зв'язку. Водневий зв'язок – особливий вид міжмолекулярної взаємодії між атомами водню та двома іншими електронегативними атомами: кисню, азоту, фтору й у меншій мірі хлору, сірки і т. д. Цей зв'язок виникає на відстані між атомами водню і кисню не більше $(2,55 - 2,75) \cdot 10^{-10}$ м [6].

На першій стадії розмелювання відбувається руйнування і видалення зовнішніх оболонок волокна, Р і S₁, які стримують його набухання і фібриляцію. З руйнуванням цих оболонок полегшується доступ води до вторинної стінки волокон і починається процес фібриляції, що супроводжується набуханням і пластифікацією волокон.

При внутрішній фібриляції підвищується гнучкість і пластичність волокон в результаті посиленого набухання геміцелюлоз, послаблення і часткового руйнування зв'язків між фібрилами. Така фібриляція сприяє утворенню міжволоконних зв'язків, не знижуючи міцності самого волокна, а тому вона є бажаною.

Друга, важлива дія розмелювання полягає в укороченні волокон і частковому їх розщеплюванні за довжиною, що необхідно для запобігання флокуляції волокон при листоутворенні і покращення процесу формування, а також для надання паперу необхідної структури при виготовленні тонких, жиростійких та інших видів паперу.

Таким чином, механічні процеси подрібнення волокон обумовлюють головним чином структуру паперового та картонного листа, а колоїдно-фізичні процеси – зв'язок волокон в полотні. Завдяки силам міжволоконного зв'язку папір та картон набувають щільності та міцності, а пористість і пухкість їх знижуються. Від розвитку сил зв'язку і від структури паперу або картону залежать їх властивості. Регулюючи ступінь і характер подрібнення волокон, а також ступінь гідратації їх при розмелюванні, можна змінювати властивості паперу та картону.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

До чинників, що впливають на ефективність процесу розмелювання належать: тривалість розмелювання, питоме навантаження на кромки ножів, розмелювальна гарнітура, концентрація маси, кислотність маси, температура маси, кутова швидкість обертання та природа волокна.

Від тривалості розмелювання залежать ступінь розмелювання маси, вкорочення і розщеплення волокон, а також розвиток сил міжволоконних зв'язків. При збільшенні тривалості розмелювання пропускна здатність будь-якого розмелювального апарату знижується, при цьому між пропускною здатністю і тривалістю оброблення спостерігається зворотно пропорційна залежність.

Питомий тиск при розмелюванні впливає на характер розмелювання, його швидкість і ефективність. Якщо при розмелюванні будь-якого волокнистого матеріалу поступово збільшувати питомий тиск від нуля до високого значення, то спочатку волокна будуть тільки розчісуватися, потім почнуть розчіплюватися, роздавлюватися і, в кінці кінців, вкорочуватися. Питомий тиск при розмелюванні пов'язаний з величиною зазору між розмелювальними поверхнями робочої частини апарату.

Зниження концентрації маси при розмелюванні призводить до зменшення товщини волокнистого прошарку між ножами розмелювального апарату, а тому волокна піддаються більш сильній ріжучій дії ножів, внаслідок чого вони більше вкорочуються і менше гідратуються. Зниження концентрації маси під час розмелювання дає той же ефект, що й підвищення питомого тиску при одній і тій же концентрації маси.

Розмелювальна гарнітура може бути металевою, базальтовою та комбінованою. Тип розмелювальної гарнітури слід вибирати із врахуванням характеру необхідного розмелювання та властивостей паперу, що виробляється.

Зміна кислотності середовища в межах $\text{pH} = 5 - 8,5$, при якому зазвичай проводять розмелювання, не здійснює істотного впливу на швидкість процесу розмелювання і його ефективність. Збільшення pH середовища до $10 - 11$ прискорює процес розмелювання й дозволяє знизити витрату енергії на $15 - 20 \%$, так як набрякання волокна підвищується, однак целюлоза при цьому

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

жовтіє [1].

Підвищення температури маси несприятливо впливає на процес розмелювання і на властивості паперу. Зниження температури маси сприяє скороченню тривалості процесу розмелювання та зниженню витрат енергії при одночасному підвищенні механічної міцності паперу.

При введенні гідрофільних добавок (крохмаль, поліакриламід, полівініловий спирт, сечовина) в паперову масу, вони адсорбуються на волокнах і тим самим сприяють інтенсивності набухання волокна, а при розмелюванні надають волокнам гнучкості та еластичності [5].

2.3.2 Формування полотна

На сітковому столі одночасно здійснюється два найважливіші технологічні процеси паперового виробництва: формування полотна і видалення основної маси води. Дані процеси мають першорядне значення.

На початку сіткового столу знаходиться грудний вал діаметром 1000 мм, облицьований твердою гумою. Грудний вал приводиться в обертання за рахунок тертя з сіткою. Він зменшує швидкість зневоднювання на початку сіткового столу, регулює процес відливання полотна. Для усунення прогинання сітки і уповільнення зневоднення, після грудного вала встановлюється формувальна дошка, яка має отвір для видалення води.

Основним зневоднювальним елементом сіткового столу є гідропланки. Вони складаються з прямолінійних і нахилених ($1 - 4^\circ$) ділянок. Внаслідок невеликого розрідження, що виникає між сіткою і похилою поверхнею гідропланки відбувається видалення води з волокнистої суспензії [6].

Величина вакууму, який створюється гідропланками, у 2 – 5 разів менша, ніж реєстровими валиками, а зусилля від тиску в 20 – 25 разів менше. Внаслідок цього гідропланки створюють кращі умови для формування якісного полотна і, крім того, при їхній роботі з водою, що видаляється, втрачається на 30 – 60 % менше дрібного волокна, що має важливе значення для якості готової продукції

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

та економічності виробництва. Загальна ширина гідропланки становить 80 мм зазвичай (50 – 120 мм), співвідношення між горизонтальною і похилою частиною знаходиться в межах 1:3 – 1:2. Після гідропланок для подальшого видалення вологи з маси встановлюється мокрий ящик з більшим вакуумом. Сухість полотна після реєстрової частини становить 2 – 4 % [5].

Подальше зневоднення до сухості 14,8 % здійснюється на відсмоктувальному ящику типу ротабель. З підвищенням вакууму інтенсивність зневоднювання зростає, а також підвищуються вимоги дрібного волокна, внаслідок чого якість паперу погіршується.

Ящик складається з двох валиків, обтягнутих гумовою перфорованою сорочкою, між якими встановлено 6 відсмоктувальних ящиків. Отвори розташовані в шаховому порядку.

В кінцісіткового столу для подальшого зневоднення паперового полотна до сухості 16 – 25 % здійснюється на відсмоктувальному гауч-валі під дією вакууму, що досягає 50 – 80 кПа. Гауч-вал є приводним валом. У виробництві мішкового паперу було використано гауч-вал камерного типу, який складається з обертової перфорованої труби із бронзи товщиною стінки 25 – 50 мм, усередині якого знаходиться дві нерухомі (можливо три) відсмоктувальні камери. Розмір гауч-валу становить 1000 мм (можливі розміри 800 – 1200 мм) [6].

Для успішного виконання технологічних функцій до сітки висуваються наступні вимоги: стійкість до зміни рН та стирання, висока міцність на розрив, а також достатня щільність тканини і гарна рівномірна водопропускна здатність. Для здійснення якісного процесу формування полотна на сітці необхідно, щоб вона постійно була чистою, рівномірно натягнутою, без наявних на її поверхні складок, зморшок та інших дефектів.

2.3.3 Пресування паперового полотна

Після сіткового столу, коли сухість паперового полотна досягає 18 – 25 %, для подальшого зневоднення паперу необхідно докласти зусилля, більш

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

інтенсивні, ніж на сітковому столі. Це здійснюється в пресовій частині папероробної машини, в міру проходження якої одночасно з підвищенням механічної міцності паперового полотна посилюється і допустимий вплив на нього, що сприяє подальшому зневодненню до досягнення сухості 25 – 42 % (іноді до 55 %). Одночасно в процесі пресування підвищується щільність і прозорість полотна, знижується пористість, повітропроникність і вбирна здатність.

На процес зневоднення вологого паперового полотна впливають наступні фактори: якість сукон та тип використовуваних пресів, питомий тиск пресування, композиція паперової маси і ступінь млива, температура полотна, швидкість машини та ін.

З підвищенням питомого тиску збільшується не тільки сухість паперового полотна, але і його щільність, зростають показники механічної міцності внаслідок кращого контакту між волокнами і підвищення міжволоконних зв'язків, знижується пористість.

Зі збільшенням швидкості машини зневоднення полотна на пресах погіршується, оскільки зменшується тривалість пресування. Швидкість у свою чергу залежить від композиції паперу і ступеня млива маси.

Оскільки з підвищенням температури полотна помітно знижується в'язкість води, то вона легше видаляється на пресах. Однак з підвищенням температури полотна під час пресування збільшується його маркування тканиною сукна.

За надмірного натягу паперового полотна між пресами збільшується анізотропія його механічних властивостей, тому що волокна в основному орієнтуються в машинному напрямку, тому за рухом машини знижується розтягваність полотна і можливі його обриви. При відсутності натягу полотно провисає, що також є причиною його обривів через утворення складок.

Існує багато різних модифікацій пресів паперо- і картоноробних машин. Преси відрізняються між собою кількістю валів, конструкцією і напрямком руху води в сукні.

За кількістю валів преси поділяються на дво-, три-, чотири- і п'ятивальні, за

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

конструкцією – на звичайні, відсмоктувальні, жолобчасті, з глухими отворами в сорочці вала, з підкладною сіткою і з сітковою панchoю. Преси поділяють також на прямі, зворотні, згладжувальні (офсетні) і гарячі.

Три-, чотири- та п'ятивальні преси відрізняються від двовальних компактністю, дозволяють зменшити розміри пресової частини машини і знизити витрату енергії, а також проводити пресування між двома сукнами, що майже вдвічі підвищує ефективність зневоднювання. Існує багато різних комбінацій розташування валів у пресах цього типу (горизонтальне, вертикальне, похиле і трикутне) [5].

2.3.4 Сушіння паперового полотна

У процесі сушіння відбувається не тільки остаточне зневоднення паперового полотна шляхом випаровування з нього води, але й інші процеси, які визначають якість готової продукції, що багато в чому залежить від режиму сушіння.

У міру видалення води з вологого полотна відбувається подальше зближення волокон внаслідок поверхневого натягу води з утворенням міжволоконних водневих зв'язків, від кількості яких залежить щільність і міцність полотна.

З усіх відомих методів сушіння паперу найпоширенішим є контактний спосіб, при якому тепло передається вологому полотну безпосередньо від поверхні сушильних циліндрів, що нагріваються зсередини парою. Цей спосіб, порівнянно з іншими, ефективніший, тому що має низку переваг, до яких варто віднести економічність і високу якість полотна.

Контактне сушіння відбувається в декілька етапів: період нагрівання, період з постійною швидкістю і період, що проходить зі зниженням швидкості сушіння [6]. Період підігріву паперу займає досить мало часу і не супроводжується значною зміною вологості. В першому періоді видаляється вільна волога, в другому – зв'язана (рис.2.2).

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

The graph shows the moisture content W_c (%) on the y-axis versus time t (τ) on the x-axis. The curve is divided into three stages by vertical dashed lines:

- Stage I:** Initial stage, from the start to the first vertical dashed line.
- Stage II:** Linear stage, between the first and second vertical dashed lines. A point k_1 is marked on the curve.
- Stage III:** Final stage, after the second vertical dashed line. The curve becomes concave up, approaching a horizontal asymptote.

Horizontal arrows indicate the duration of each stage. A horizontal line is drawn from the end of Stage III to the y-axis, and another horizontal line is drawn from the point k_1 to the x-axis.

Властивості навколишнього повітря особливо впливають на ділянках вільного ходу полотна паперу та картону, де видаляється до 20 – 30 % вологи.

Сушіння супроводжується виділенням пари, яку необхідно постійно відводити. Повітря, яке оточує полотно в процесі його сушіння, повинне бути теплим з невеликою вологомісткістю.

Загальний коефіцієнт теплопередачі від пари до полотна має суттєвий вплив на процес сушіння паперу чи картону. У рівняння, що характеризує загальну кількість тепла, яке може бути передане від пари до полотна, входить коефіцієнт K , який дорівнює:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

де α_1 – коефіцієнт теплопередачі при концентрації пари на внутрішній поверхні циліндра;

α_2 – коефіцієнт теплопередачі на зовнішній поверхні циліндра;

λ – коефіцієнт теплопередачі стінки циліндра;

δ – товщина стінки циліндра, м.

Загальний коефіцієнт теплопередачі залежить в основному від коефіцієнтів α_1 і α_2 .

Наявність на внутрішній поверхні стінки циліндра різного роду забруднень: іржі, накипу, масла та інших речовин, які мають низьку теплопровідність, також знижує загальний коефіцієнт теплопередачі. Важливе значення на розмір теплового опору має товщина конденсаторного шару в циліндрі, тому теплопровідність води приблизно в 80 разів менша теплопровідності стінки циліндра з чавуну.

Фізико-хімічні властивості полотна значно впливають на процес його сушіння на машині, особливо в період видалення зв'язаної вологи. З усіх властивостей полотна найбільший вплив мають такі його показники, як товщина і маса 1 м^2 , вид волокна і ступінь його млива, наявність наповнювачів та інших домішок. З підвищенням товщини полотна погіршуються умови теплопередачі, крім того зростає опір проходженню пари з контактного шару до зовнішньої поверхні. Природно, що чим щільніше буде полотно, тим важче з нього буде

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

видалятися волога під час сушіння.

Папір та картон, які виробляються з деревної маси і макулатури, висушуються на машині значно легше, ніж зі звичайних целюлозних волокон за однакового ступеня млива. Це пояснюється тим, що з підвищенням ступеня млива волокна з деревної маси і макулатури гірше набухають, менш гнучкі, при формуванні з них полотна утворюється пориста структура, яка полегшує видалення вологи з неї [5].

2.3.5 Особливості технології мішкового паперу

Мішковий папір як масовий вид паперової продукції виготовляється на технологічних лініях, обладнаних агрегатами високої продуктивності. Технологія виробництва мішкового паперу удосконалюється відповідно до потреб ринку. В основі нових технологічних рішень покладені теоретичні дослідження, направлені на досягнення високої міцності мішків в поєднанні з повітропроникністю і додатковими функціональними властивостями: здатністю до нанесення друку, антиадгезійною здатністю, водостійкістю, вологоміцністю, паронепроникністю та ін.

В світовій практиці найбільш розповсюдженими показниками міцності мішкового паперу є індекс ТЕА (від англ. *Tensile energy absorbtion*). Індекс ТЕА виражається кількістю енергії на одиницю площі поверхні зразка, яку поглинає папір в процесі розтягування до настання розриву.

В технології мішкового паперу обов'язковим фактором для забезпечення потрібної міцності продукції є використання в якості основного волокнистого напівфабриката високоякісної сульфатної целюлози з деревини довговолокнистих порід з ступенем делігніфікації 40 – 60 од. Каппа. На підприємствах скандинавських країн целюлозу для мішкового паперу варять виключно з деревини ялини і сосни.

Технологічні тріски сортують по товщині. Не допускається застосування суміші хвойних і листяних порід деревини в трісках згідно з ГОСТ 15815-83 і

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

трісок із листяних порід.

Варіння проводять в апаратах типу «Камюр» або в котлах періодичної дії. Готову целюлозу ретельно промивають і сортують, в процесі розмелювання забезпечують умови для хорошої фібриляції і отримання високоеластичного волокна.

Важливим технологічним фактором, що визначає споживчі властивості мішкового паперу, є проклеювання паперової маси. Середина 1970-х років в технології мішкового паперу пов'язана з переходом від традиційного проклеювання с використанням омиленої каніфолі до нового проклеювального агенту – анінної каніфольної емульсії. У зв'язку з впровадженням цих клеїв механізм проклеювання принципово помінявся, однак досі процес здійснюється в кислому середовищі (рН 4,0...4,5). Перехід до проклеювання в так званому «псевдонейтральному» середовищі (рН 5,5...6,5) в технології мішкового паперу почався в кінці 1980-х років в зв'язку з створенням катіонних емульсій. Відливання паперу в «псевдонейтральному» середовищі дозволило збільшити ступінь утримання клею на волокні, швидкість зневоднення маси на сітці ПРМ і міцність паперу на розрив [2].

Мішковий папір виробляють на плоскосіткових широкоформатних ПРМ. До найбільш типових вузлів сучасних машин для виготовлення мішкового паперу належать:

- напірні ящики турбулентного типу, оснащені автоматичною цифровою системою регулювання розміру напускної щілини;
- трьохвальні преси з двома зонами пресування;
- преси з розширеною зоною пресування;
- сушильна частина, оснащена сушильними циліндрами та пристроєм для мікрокрепування.

2.3.6 Мікрокрепування мішкового паперу

Мікрокрепування – це процес надання паперу фактури мілкового крепу з

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

ціллю збільшення розтяжності, підвищення опору динамічному навантажуванню і зламу.

Мікрокрепований папір вирізняється дуже дрібним крепом, майже непомітним для неозброєного ока, і підвищеним видовженням (8 – 12%) у машинному напрямку [2].

Він легко піддається різній обробці, наприклад, дублюванню бітумом, покриттю поліетиленом і іншими полімерами.

Мікрокрепований мішковий папір виготовляється головним чином із сульфатної невібіленої целюлози.

В 1953 р. С.Л. Клуєт одержав патент у США на пристрій для мікрокрепування паперу, а в 1957 р. виробництво паперу марки «Клупак» уже було освоєно на папероробній машині шириною 6,6 м [3].

Того ж року фірма «Скотт Пейпа Компані» почала виробляти мікрокрепований папір на установці, що одержала назву «Експанда».

За першого способу папір деформується між сушильним циліндром і притиснутим до нього нескінченним гумовим полотном (рис. 2.4), а за другим – між двома валами різної твердості (рис. 2.6).

Мікрокрепування гумовим полотном:

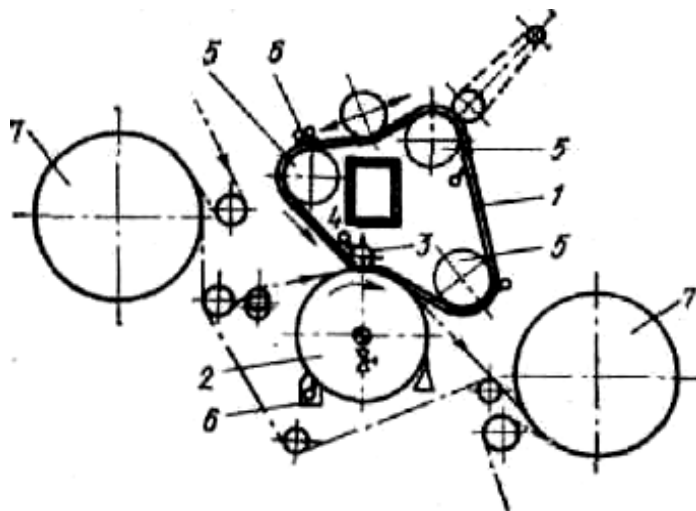


Рисунок 2.4 – Схема пристрою з гумовим полотном для мікрокрепування паперу: 1 – нескінченне гумове полотно; 2 – хромований циліндр; 3 – необертовий валик; 4, 6 – спорски; 5 – гумовані валики; 7 – сушильний циліндр.

Пристрій для мікрокрепування розташовується між сушильними циліндрами 7 у першій половині сушильної частини папероробної машини.

Гумове нескінченне полотно 1 притискається до нагрітого ($105 - 120\text{ }^{\circ}\text{C}$) хромованого циліндра 2 необертовим валиком 3.

Поверхня валика з нержавіючої сталі змочується емульсією, що подається через сприск 4. Притиск валика регулюється стисненням повітрям.

Гумове полотно приводиться в рух валиками 5, облицьованими гумою. Для охолодження полотна і змащення використовуються сприски 6, що розприскують водну емульсію перед валиками та на крайках, не покритих папером.

Принцип мікрокрепування полягає в наступному (рис. 2.5).

Гумове полотно 1, потрапляючи в зону 2, деформується: зовнішня поверхня гуми розтягується, внутрішня стискується. У зоні 3 зовнішні шари гуми розтягуються ще більше через тиск притискного валика 5.

У зоні 4 під час виходу із зазору між валом 5 і циліндром 6 відбувається зворотнє явище і зовнішні шари гуми починають стискуватися, а внутрішні - розтягуватися.

Папір, притиснутий до циліндра гумовим полотном, разом з ним розтягується в зоні 3 і стискується в зоні 4 [3].

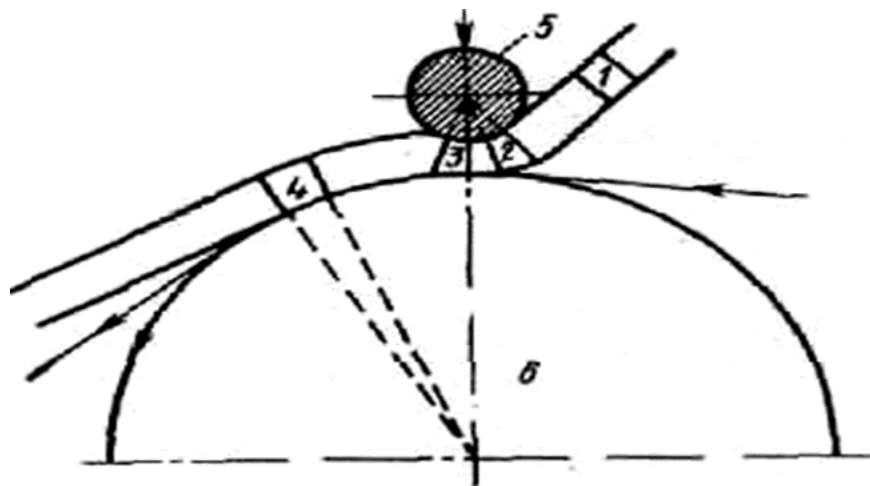


Рисунок 2.5 — Схема мікрокрепуючого пристрою «Клюпак»: 1 — гумове полотно; 2, 3, 4 — зони крепування; 5 — притискний валик; 6 — циліндр.

Мікрокрепування валами:

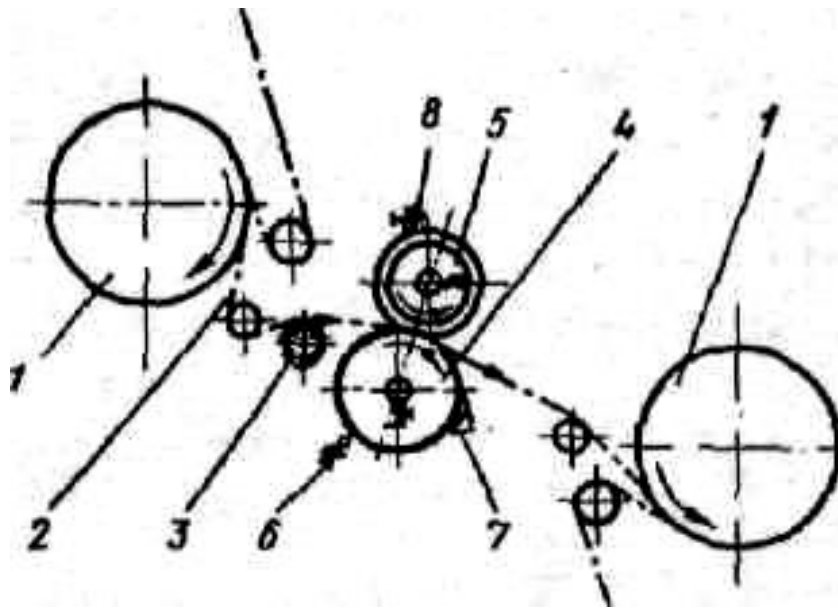


Рисунок 2.6 – Схема двовального мікрокрепуючого пристрою: 1 – Сушильні циліндри; 2 – полотно; 3 – розгінний валик; 4 – гладкий вал; 5 – вал з гумовою сорочкою; 6 – спорски; 7 – шабер; 8 – щітка.

Пристрій «Експанда» (рис. 2.6) складається із двох валів, подібних звичайному мокрому пресу, що розміщуються між сушильними циліндрами 1 папероробної машини [3].

Найбільш сприятлива сухість паперу – 70 % за проходження над розгінним валиком 3 у зазор між валами 4, 5.

Нижній вал 4 металевий гладкий, обігрівается паром і приводиться в рух від основного мотора. Верхній вал 5 має товсту гумову сорочку твердістю 40 – 70° за показником Шора, охолоджується водою, приводиться в рух від нижнього вала і, крім того, приторможується спеціальним генератором. Краї валів, які не покриті папером, охолоджуються та змочуються через спорски 6.

Верхній вал очищається від гумового пилу за допомогою щітки 8, нижній вал постійно очищається шабером 7 і полірується.

У результаті властивості паперу після обох мікрокрепуючих пристроїв виходять досить близькими.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ

3.1 Блок-схема балансу води та волокна

На рис. 3.1 наведено блок-схему для розрахунку балансу води та волокна.

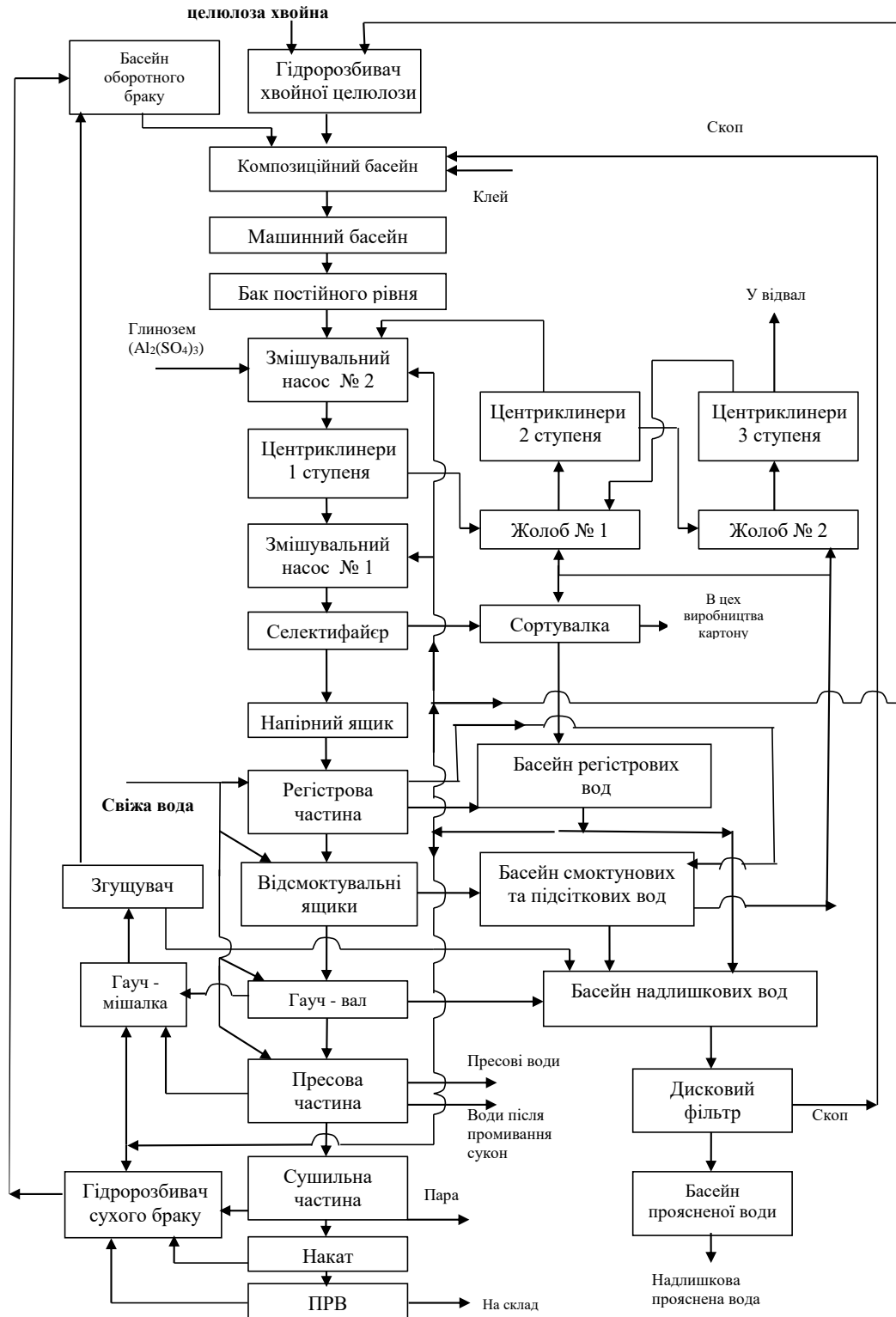


Рисунок 3.1 – Блок-схема балансу води та волокна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Пояснювальна записка

Арк.

37

3.2 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

В табл. 3.1 наведені дані для розрахунку матеріального балансу води і волокна.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку матеріального балансу води і волокна

Найменування статей	Вихідні дані
	Приймаємо до розрахунку
1. Масова частка волокна на різних стадіях виробництва, %	
На накаті	92,45
Після пресів	44,2
Після гауч-вала	22,6
Після відсмоктувальних ящиків	14,8
Після реєстрової частини	4,0
В напірному ящику	0,56
В баці постійного рівня	3,66
В композиційному басейні	3,66
В машинному басейні	3,66
В басейні оборотного браку	3,66
Скоп після дискового фільтра	3,66
Згущувач	3,66
Гідророзбивач сухого браку	3,66
Гідророзбивач хвойної целюлози	3,66
Гідророзбивач листяної целюлози	3,66
Гауч-мішалка	0,80
Басейн оборотного браку	3,66
Після селективатора	0,56
Після змішувального насоса №1	0,36
Після змішувального насоса №2	0,75
Після центриклинерів 1 ступеня	0,70
Після центриклинерів 2 ступеня	0,40
2. Масова частка волокна у відхідних водах, %	
Регістрова вода	0,19
Підсіткові води	0,0039
Відсмоктувальних ящиків	0,10
Пресові води	0,12

Від промивання сітки	0,004
Від промивання сукон	0,001
Прояснених вод після дискового фільтра	0,001
Від плоскої сортувалки	0,60
Згущувача	0,14
3. Витрата свіжої та надлишкової води, л/т паперу	
Свіжа вода на промивання сіток	14720,0
Свіжа вода на спорски і відсічки відсмоктувальних ящиків	7830,0
Свіжа вода на промивання сукон	6500,0
Свіжа вода на відсічки на гауч-валі	2880,0
Надлишкова вода на сортувалку	868,0
4. Кількість браку, % від маси паперу	
В процесі оброблення паперу	1,0
На накаті	0,5
В процесі сушіння паперу	1,3
Мокрий брак	1,8
Після гауч-валу	0,9
5. Композиція паперу, %	
Целюлоза хвойна	100
6. Масова доля відходів сортування, %	
Відходи селективфайера	1,1
Центриклинерів 1 ступеня	1,0
Центриклинерів 2 ступеня	0,7
Центриклинерів 3 ступеня	0,67
Відходи плоскої сортувалки	2,6
7. Сухість початкових напівфабрикатів, %	
Хвойна целюлоза	88,0
8. Масова частка відходів сортування, % (кг/т)	
Цетриклинери I ступеня	3,77 %
Цетриклинери 3 ступеня	1,0 %
Селективфайер	0,99 %

3.3 Розрахунок матеріального балансу

Розрахунок матеріального балансу води і волокна проводимо, прив'язуючись до блоків і водопотоків згідно блок-схеми, наведеної на рис. 3 [11].

Склад готової продукції:

На склад поступає 1000 кг паперу із заданою сухістю 92,45 %.

Отже, в ньому міститься:

абсолютно-сухого волокна: $1000 \times 0,9245 = 924,5$ кг,

води: $1000 - 924,5 = 75,5$ кг.

Повздовжньо-різальний верстат (ПРВ):

З урахуванням 1 % браку, що утворюється під час оброблення паперу ($1000 \times 0,01 = 10$ кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на ПРВ повинно поступити $1000 + 10 = 1010$ кг. В папері, що проходить через ПРВ міститься:

абсолютно-сухого волокна: $1010,0 \times 0,9245 = 933,75$ кг,

води: $1010,0 - 933,75 = 76,25$ кг.

Накат:

З урахуванням 0,5 % браку, що утворюється під час намотування паперу ($1000 \times 0,005 = 5$ кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на накат повинно надійти $1010 + 5 = 1015$ кг п/с паперу.

З урахуванням вологи, в папері, що проходить через накат, міститься:

абсолютно-сухого волокна: $1015,0 \times 0,9245 = 938,37$ кг,

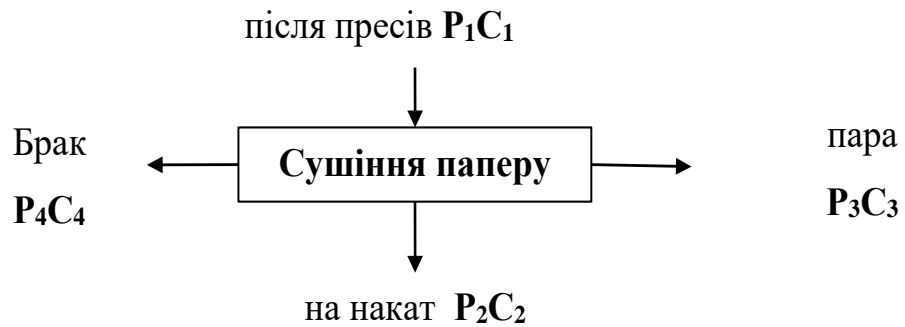
води: $1015,0 - 938,37 = 76,63$ кг.

Сушильна частина:

Для визначення кількості маси, що поступає в сушильну частину та кількості води, що випаровується в процесі сушіння паперу, складемо схему

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

потоків в процесі сушіння:



P_1 – кількість маси, що поступає на сушіння, кг;

P_2 – кількість маси, що надходить на накат, кг;

P_3 – кількість води, що випаровується, кг;

P_4 – кількість браку, що поступає в гідророзбивач сухого браку, кг;

C_1, C_2, C_3, C_4 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_2=1015$ кг P_1 –?

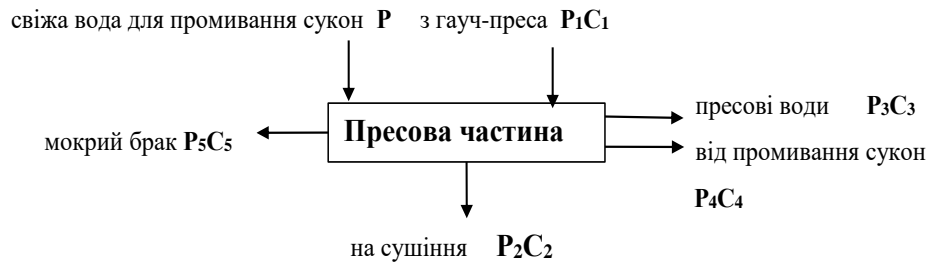
$C_1=44,2$ %; P_3 –?

$C_2= C_4=92,45$ %

Розрахунки наводимо в такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після пресів	2150,19	44,20	950,39	1199,81
Надійшло (всього)	2150,19		950,39	1199,81
На накат	1015,00	92,45	938,37	76,63
Втрати пари	1122,19	0,00	0,00	1122,19
В гідророзбивач сухого браку	13,00	92,45	12,02	0,98
Відходить (всього)	2150,19		950,39	1199,81

Пресова частина:



P – кількість свіжої води, що надходить для промивання сукон, кг;

P_1 – кількість маси, що надходить в пресову частину, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в сушильну частину, кг;

P_3 – кількість пресових вод, що поступає в стік, кг;

P_4 – кількість вод від промивання сукон, які поступають в стік, кг;

P_5 – кількість браку, що поступає в гауч-мішалку мокрого браку, кг;

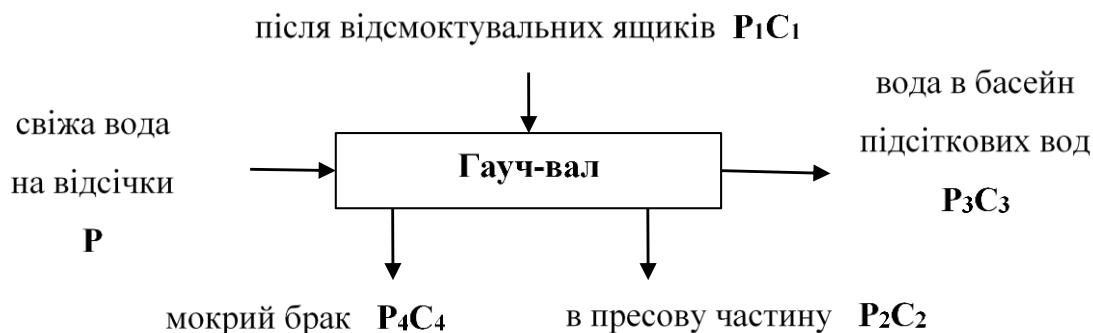
C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P = 6500$ кг; $P_4 = P = 6500$ кг; $P_2 = 2150,19$ кг; $C_1 = 22,6$ %; $C_2 = 44,2$ %; $C_3 = 0,12$ %; $C_4 = 0,001$ %; $C_5 = C_2 = 44,2$ %; P_1 –? P_3 –?

Розрахунки наводимо в такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після гауч-вала	4251,80	22,60	960,91	3290,90
Свіжа вода для промивання сукон	6500,00	0,00	0,00	6500,00
Надійшло (всього)	10751,80		960,91	9790,90
На сушіння	2150,19	44,20	950,39	1199,81
Пресові води	2083,61	0,1200	2,50	2081,11
Води від промивання сукон	6500,00	0,0010	0,07	6499,94
В гауч-мішалку мокрого браку	18,00	44,20	7,96	10,04
Відходить (всього)	10751,80		960,91	9790,90

Гауч-вал:



P – кількість свіжої води, що надходить для відсічок в гауч-валі, кг;

P_1 – кількість маси, що надходить на гауч-вал, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в пресову частину, кг;

P_3 – кількість води, що поступає в басейн підсіткових вод, кг;

P_4 – кількість браку, що поступає в гауч-мішалку мокрого браку, кг;

C_1, C_2, C_3, C_4 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P = 2880$ кг; $P_2 = 4251,8$ кг.

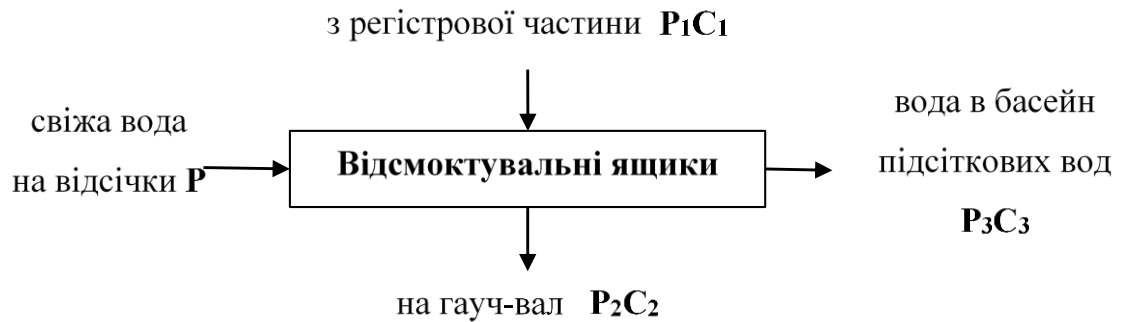
$C_1 = 14,8$ %; $C_2 = 22,6$ %; $C_3 = 0,0039$ %; $C_4 = C_2 = 22,6$ %.

P_1 –? P_3 –?

Розрахунки наводимо в такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після відсм. ящиків	6507,71	14,80	963,14	5544,57
Свіжа вода на відсічки	2880,00	0,00	0,00	2880,00
Надійшло (всього)	9387,71		963,14	8424,57
У пресову.частину	4251,80	22,60	960,91	3290,90
Води з гауч-вала	5126,91	0,0039	0,20	5126,71
На гауч-мішалку	9,00	22,60	2,03	6,97
Відходить (всього)	9387,71		963,14	8424,57

Відсмоктувальні ящики:



P – кількість свіжої води, що надходить для відсічок, кг;

P_1 – кількість маси, що надходить на відсмоктувальні ящики, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає на гауч-вал, кг;

P_3 – кількість води, що поступає в басейн підсіткових вод, кг;

C_1, C_2, C_3 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P = 7830$ кг;

$P_2 = 6507,71$ кг.

$C_1 = 4,0$ %;

$C_2 = 14,8$ %;

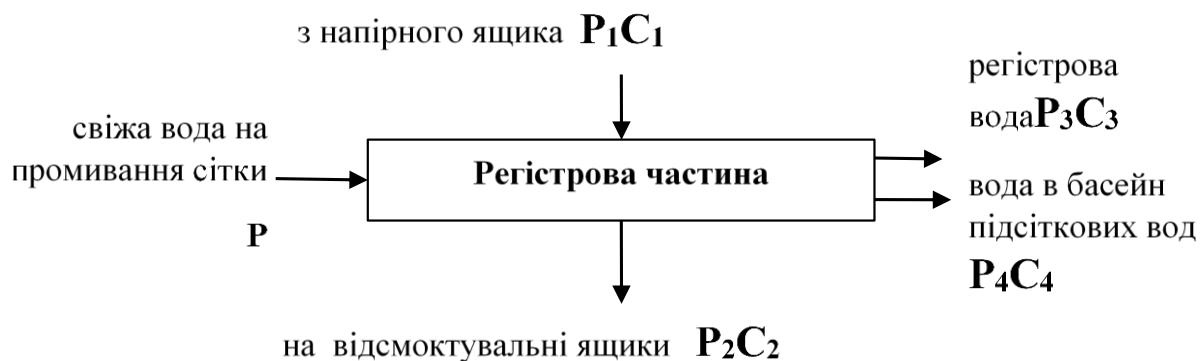
$C_3 = 0,1$ %.

$P_1 - ? \quad P_3 - ?$

Розрахунки наводимо в такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після реєстр.частини	24729,84	4,00	989,19	23740,64
Свіжа вода на відсічки	7830,00	0,00	0,00	7830,00
Надійшло (всього)	32559,84		989,19	31570,64
На гауч-вал	6507,71	14,80	963,14	5544,57
Підсіткові води	26052,12	0,1000	26,05	26026,07
Відходить (всього)	32559,84		989,19	31570,64

Регістрова частина:



P – кількість свіжої води, що надходить на промивання сітки, кг;

P_1 – кількість маси, що надходить в реєстрову частину, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає на відсмоктувальні ящики, кг;

P_3 – кількість реєстрових вод, кг;

P_4 – кількість води, що поступає в басейн підсіткових вод, кг;

C_1, C_2, C_3, C_4 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P = 14720$ кг; $P_2 = 24729,84$ кг; $P_4 = 14720$ кг.

$C_1 = 0,56$ %; $C_2 = 4,0$ %;

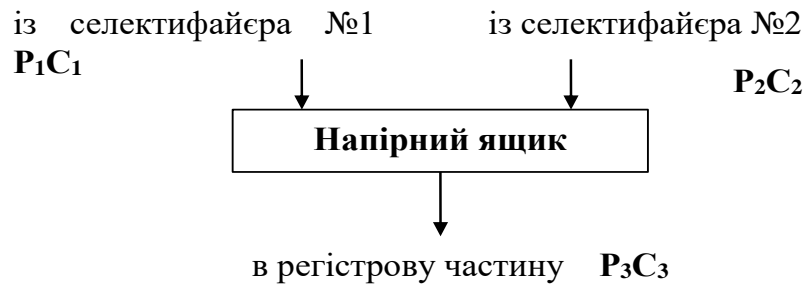
$C_3 = 0,19$ %; $C_4 = 0,004$ %.

P_1 –? P_3 –?

Розрахунки наводимо в такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після напірного ящика	254809,60	0,56	1426,93	253382,67
Свіжа вода на промивання сітки	14720,00	0,000	0,00	14720,00
Надійшло (всього)	269529,60		1426,93	268102,67
На відсмоктувальні ящики	24729,84	4,00	989,19	23740,64
Регістрові води	230079,76	0,1900	437,15	229642,61
Підсіткові води	14720,00	0,0040	0,59	14719,41
Відходить (всього)	269529,60		1426,93	268102,67

Напірний ящик:



P_1 – кількість маси, що надходить в напірний ящик, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в реєстрову частину, кг.

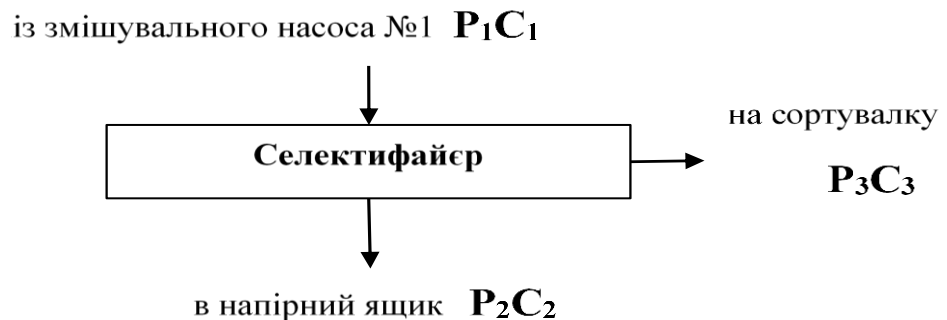
C_1, C_2 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_1 = 254809,6$ кг; $C_1 = 0,56$ %.

Зважаючи на те, що в напірному ящику не відбувається зміни потоків маси та їх концентрації, можна записати, що:

$P_3 = 254809,6$ кг; $C_3 = 0,56$ %.

Селективфайєр:



P_1 – кількість маси, що надходить на селективфайєр, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в напірний ящик, кг;

P_3 – кількість маси, що поступає на сортувалку, кг;

C_1, C_2, C_3 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_2 = 254809,6$ кг .

$C_2 = 0,56$ %;

$C_3 = 1,1$ %.

Відсоток маси, що поступає на сортувалку, у відповідності з вихідними

даними приймаємо рівним 1 %.

$C_1 - ?$ $P_1 - ?$ $P_3 - ?$

Розрахунки наводимо в такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після змішувального насоса №1	257357,69	0,5653	1454,96	255902,73
Надійшло (всього)	257357,69		1454,96	255902,73
На напірний ящик	254809,6	0,5600	1426,93	253382,67
На плоску сортувалку	2548,1	1,1000	28,03	2520,07
Відходить (всього)	257357,69		1454,96	255902,73

Сортувалка:



P_1 – кількість маси, що надходить на сортувалку, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в цех виробництва картону, кг;

P_3 – кількість води, що поступає в басейн реєстрових вод, кг;

P_4 – кількість води на спорски з басейна підсіткових вод, кг;

C_1, C_2, C_3, C_4 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_1 = 2548,1$ кг;

$P_4 = 868,0$ кг

$C_1 = 1,1$ %; $C_2 = 2,6$ %;

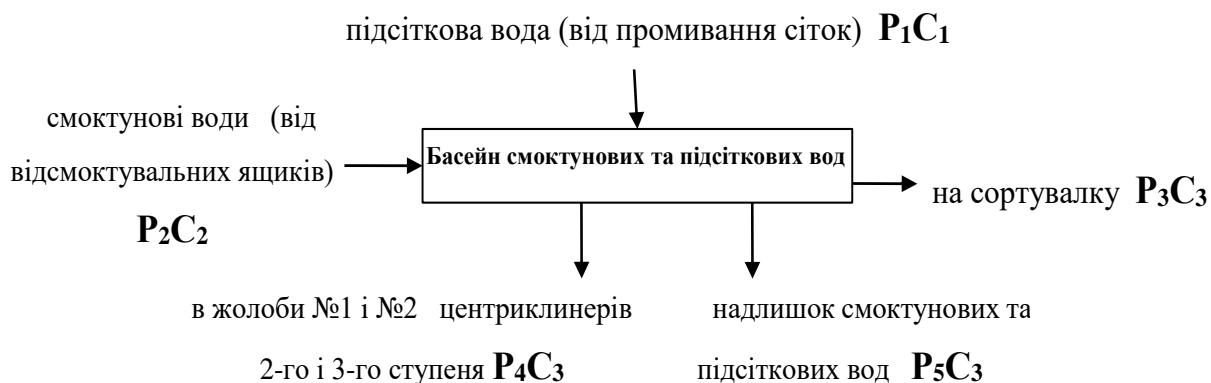
$C_3 = 0,03$ %, $C_4 = 0,1324$ %.

$P_2 - ?$ $P_3 - ?$

Результати наведено у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейна надл. вод	868,00	0,1324	1,15	866,85
Після селективфайера	2548,1	1,1000	28,03	2520,07
Надійшло (всього)	3416,1		29,18	3386,92
В басейн реєстрових вод	2320,64	0,0300	0,7	2319,94
В цех вироб. картону	1095,46	2,6000	28,48	1066,98
Відходить (всього)	3416,1		29,18	3386,92

Басейн смоктунових та підсіткових вод:



P_1 – кількість води, що надходить з реєстрової частини, кг;

P_2 – кількість води, що надходить із сортувалки, кг;

P_3 – кількість реєстрової води, що поступає в гідророзбивач хвойної целюлози, кг;

P_5 – кількість реєстрової води, що поступає в гідророзбивач сухого браку, кг;

P_6 – кількість реєстрової води, що поступає в гауч-мішалку мокрого браку, кг;

P_7 – кількість реєстрової води, що поступає у змішувальний насос №1, кг;

P_8 – кількість реєстрової води, що поступає у змішувальний насос №2, кг;

P_9 – надлишок реєстрової води, що поступає в басейн надлишкових вод, кг;

C_1, C_2, C_3 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$P_1 = 230079,76$ кг; $P_2 = 2320,64$ кг.

$C_1 = 0,19$ %; $C_2 = 0,03$ %.

C_3 –?

Загальна кількість волокна = $437,15 + 0,7 = 437,85$ кг;

Загальна кількість маси = $230079,76 + 2320,64 = 232400,4$ кг.

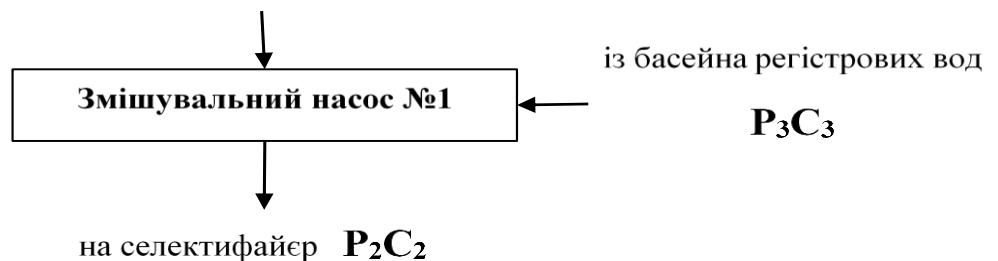
Отже, середньозважений відсоток волокна в басейні реєстрових вод =

$$= \frac{437,85 \times 100}{232400,4} = 0,1884 \%$$

Таким чином, $C_3 = 0,1884$ %.

Змішувальний насос №1:

від центриклинерів I ступеня P_1C_1



P_1 – кількість маси, що надходить з центриклинерів I ступеня, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає на селективфайер, кг;

P_3 – кількість води, що надходить з басейна реєстрових вод і використовується для розведення маси, кг;

C_1, C_2, C_3 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_2 = 257357,69$ кг;

$C_1 = 0,7$ %;

$C_2 = 0,5653$ %; $C_3 = 0,1884$ %.

P_1 –? P_3 –?

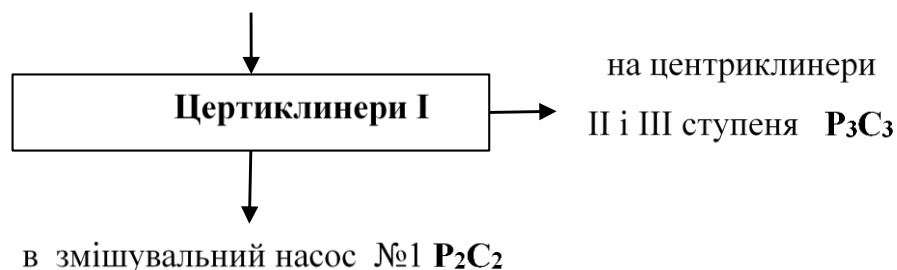
Результати наводимо у такому вигляді:

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	67737,03	0,1884	127,62	67609,41
Після центрик. I ступеня	189620,67	0,7000	1327,34	188293,32
Надійшло (всього)	257357,69		1454,96	255902,73
На селективфайер	257357,69	0,5653	1454,96	255902,73
Відходить (всього)	257357,69		1454,96	255902,73

Центриклинери I ступеня:

із змішувального насоса №2 P_1C_1



P_1 – кількість маси, що надходить із змішувального насоса №2, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в змішувальний насос №1, кг;

P_3 – кількість маси, що поступає на центриклинери II і III ступеня, кг;

C_1, C_2, C_3 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_2 = 189620,67$ кг; $C_1 = 0,75$ %; $C_2 = 0,7$ %; $C_3 = 1,0$ %.

P_1 –? P_3 –?

Результати наводимо у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш. насоса №2	227544,80	0,7500	1706,59	225838,22
Надійшло (всього)	227544,80		1706,59	225838,22
У зміш. насос №1	189620,67	0,7000	1327,34	188293,32
На центр. II і III ступеня	37924,13	1,0000	379,24	37544,89
Відходить (всього)	227544,80		1706,59	225838,22

Центриклинери II і III ступеня:



P_1 – кількість маси, що надходить з центриклинерів I ступеня, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає у змішувальний насос №2, кг;

P_3 – кількість води, що надходить в жолоби №1 і №2 з басейна надлишкових вод, кг;

P_4 – кількість відходів, що поступають в стік, кг;

C_1, C_2, C_3, C_4 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_1 = 37924,13$ кг; $P_4 = 150,0$ кг

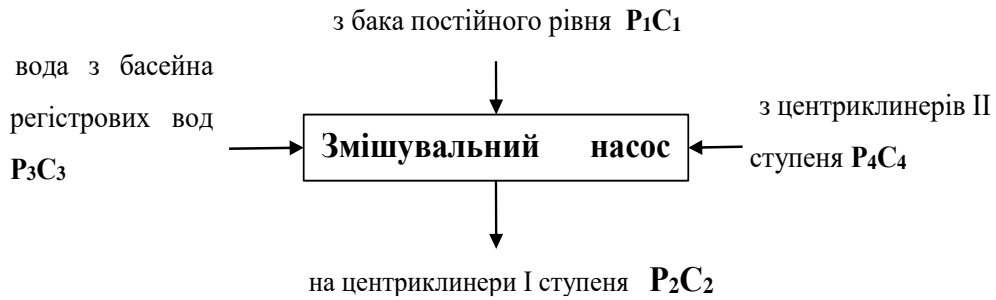
$C_1 = 1,0$ %; $C_2 = 0,4$ %; $C_4 = 0,67$ %; $C_3 = 0,1324$ %.

P_2 –? P_3 –?

Розрахунки наводимо у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після центриклинерів I ступеня	37924,13	1,0000	379,24	37544,89
Надлишкова вода в жолоб I і II	84874,98	0,1324	112,36	84762,62
Надійшло (всього)	122799,11		491,60	122307,51
У зміш. насос №2	122649,11	0,4000	490,60	122158,52
Відходи у відвал	150,00	0,6700	1,01	149,00
Відходить (всього)	122799,11		491,60	122307,51

Змішувальний насос № 2:



P_1 – кількість маси, що надходить з бака постійного рівня, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає на центриклинери I ступеня, кг;

P_3 – кількість води, що поступає з басейна реєстрових вод, кг;

P_4 – кількість маси, що надходить з центриклинерів II ступеня, кг;

C_1, C_2, C_3, C_4 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_2 = 227544,8$ кг; $P_4 = 122649,11$ кг.

$C_1 = 3,66$ %; $C_2 = 0,75$ %; $C_3 = 0,1884$ %, $C_4 = 0,4$ %.

P_1 –? P_3 –?

Розрахунки наводимо у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	75561,54	0,1884	142,36	75419,18
З центр. II ступеня	122649,11	0,4000	490,60	122158,52
З бака постійного рівня	29334,15	3,6600	1073,63	28260,52
Надійшло (всього)	227544,80		1706,59	225838,22
На центр. I ступеня	227544,80	0,7500	1706,59	225838,22
Відходить (всього)	227544,80		1706,59	225838,22

Бак постійного рівня:



P_1 – кількість маси, що надходить з машинного басейна в бак постійного рівня, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає у змішувальний насос №2, кг.

C_1, C_2 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_2 = 29334,15$ кг; $C_2 = 3,66$ %.

Зважаючи на те, що в баці постійного рівня не відбувається зміни потоків маси та їх концентрації, можна записати, що: $P_1 = 29334,15$ кг; $C_1 = 3,66$ %.

Машинний басейн:

з композиційного басейна P_1C_1



P_1 – кількість маси, що надходить з композиційного басейна, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в бак постійного рівня, кг.

C_1, C_2 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_2 = 29334,15$ кг; $C_2 = 3,66$ %.

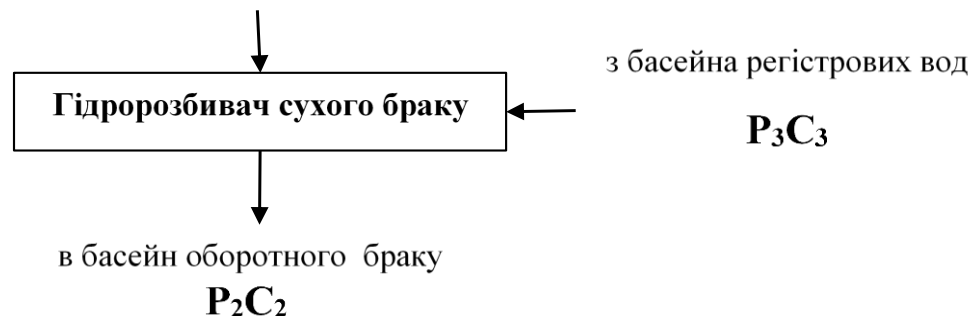
Зважаючи на те, що в баці постійного рівня не відбувається зміни потоків маси та їх концентрації, можна записати, що:

$P_1 = 29334,15$ кг; $C_1 = 3,66$ %.

Розрахунок блоків перероблення сухого та мокрого браку

Гідророзбивач сухого браку:

відходи з ПРВ, сушіння, накату P_1C_1



					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

P_1 – кількість маси, що надходить з ПРВ, сушіння та накату, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в басейн оборотного браку, кг;

P_3 – кількість води, що надходить з басейна реєстрових вод і використовується для розведення маси, кг;

C_1, C_2, C_3 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

Враховуючи, що відходи сухого браку мають однакову сухість, їх можна подати одним потоком.

Таким чином, $P_1 = 10 + 5 + 13 = 28$ кг.

$C_1 = 92,45\%$; $C_2 = 3,66\%$; $C_3 = 0,1884\%$.

P_2 –? P_3 –?

Розрахунки наводимо у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
з ПРВ	10,00	92,45	9,25	0,76
з накату	5,00	92,45	4,62	0,38
з сушіння	13,00	92,45	12,02	0,98
з басейну реєст. вод	716,13	0,1884	1,35	714,78
Надійшло (всього)	744,13		27,24	716,9
В басейн обіг. браку	744,13	3,6600	27,24	716,9
Відходить (всього)	744,13		27,24	716,9

Гауч-мішалка мокрого браку:



P_1 – кількість маси, що надходить з пресової частини, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає на згущувач, кг;

P_3 – кількість води, що надходить з басейна реєстрових вод і використо-

вугілля для розведення маси, кг;

P_4 – кількість маси, що надходить від гауч-вала, кг;

C_1, C_2, C_3, C_4 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_1 = 18$ кг; $P_4 = 9$ кг;

$C_1 = 44,2$ %; $C_2 = 0,8$ %;

$C_3 = 0,1884$ %; $C_4 = 22,6$ %.

P_2 –? P_3 –?

Розрахунки наводимо у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З пресової частини	18,00	44,20	7,96	10,04
З гауч-вала	9,00	22,60	2,03	6,97
З басейну регіст. вод	1598,11	0,1884	3,01	1595,10
Надійшло (всього)	1625,11		13,00	1612,11
На згущення	1625,11	0,8000	13,00	1612,11
Відходить (всього)	1625,11		13,00	1612,11

Згущувач мокрого браку:



P_1 – кількість маси, що надходить із гауч-мішалки мокрого браку, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в басейн оборотного браку, кг;

P_3 – кількість води, що поступає в басейн надлишкових вод, кг;

C_1, C_2, C_3 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_1 = 1625,11$ кг;

$C_1 = 0,8$ %; $C_2 = 3,66$ %; $C_3 = 0,14$ %.

P_2 –? P_3 –?

					Пояснювальна записка	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки наводимо у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після гауч-мішалки	1625,11	0,8	13,0	1612,11
Надійшло (всього)	1625,11		13,0	1612,11
В басейн обор. браку	304,71	3,66	11,15	293,56
В басейн надл. вод	1320,4	0,14	1,85	1318,55
Відходить (всього)	1625,11		13,0	1612,11

Басейн обігового браку:

із гідророзбивача сухого браку P_1C_1



P_1 – кількість маси, що надходить з гідророзбивача сухого браку, кг;

P_2 – кількість маси, що надходить із згущувача, кг;

P_3 – кількість маси, що поступає в композиційний басейн, кг;

C_1, C_2, C_3 – масова частка волокна у відповідних потоках, %.

$P_1 = 744,13$ кг; $P_2 = 304,71$ кг;

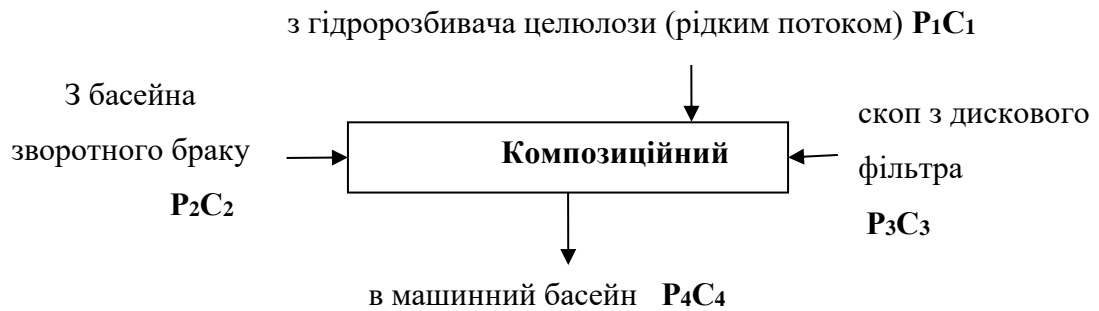
$C_1 = 3,66$ %; $C_2 = 3,66$ %; $C_3 = 3,66$ %.

P_3 –? C_3 –?

Розрахунки наводимо у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З г/ро-а сухого браку	744,13	3,66	27,24	716,9
З гауч-мішалки	304,71	3,66	11,15	293,56
Надійшло (всього)	1048,84	3,66	38,39	1010,45
В композ. басейн	1048,84		38,39	1010,45
Відходить (всього)	1048,84		38,39	1010,45

Композиційний басейн:



P_1 – кількість маси, що надходить рідким потоком з гідророзбивачів, кг;

P_2 – кількість маси, що надходить з басейна оборотного браку, кг;

P_3 – кількість скопу, що надходить з дискового фільтра, кг;

P_4 – кількість маси, що поступає в машинний басейн, кг;

C_1, C_2, C_3, C_4 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_2 = 1048,84$ кг; $P_3 = 784,58$ кг;

$P_4 = 29334,15$ кг.

$C_2 = 3,66$ %; $C_3 = 3,66$ %;

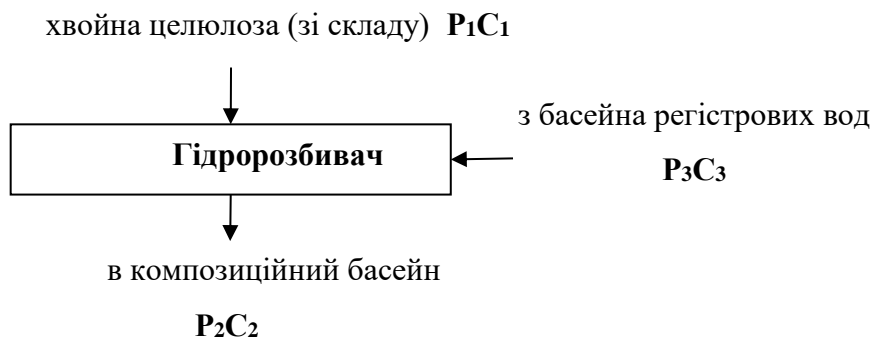
$C_4 = 3,66$ %.

P_1 –? C_1 –?

Розрахунки наводимо у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із гідророзбивача хвойної целюлози	27500,73	3,66	1006,53	26494,2
Із басейна оборотного браку	1048,84	3,66	38,39	1010,45
Скоп з дискового фільтра	784,58	3,66	28,72	755,86
Надійшло (всього)	29334,15		1073,63	28260,52
В машинний басейн	29334,15	3,66	1073,63	28260,52
Відходить (всього)	29334,15		1073,63	28260,52

Гідророзбивач хвойної целюлози:



P_1 – кількість хвойної целюлози, що надходить зі складу, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в композиційний басейн, кг;

P_3 – кількість води, що надходить з басейна реєстрових вод, кг;

C_1, C_2, C_3 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_2 = 27500,73$ кг.

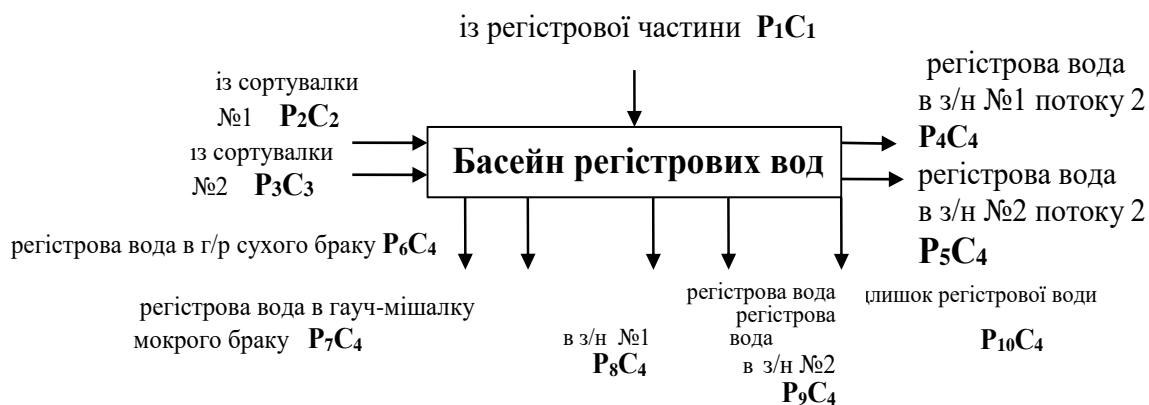
$C_1 = 88,0$ %; $C_2 = 3,66$ %; $C_3 = 0,1884$ %.

P_1 –? P_3 –?

Розрахунки наводимо у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Целюлоза зі складу	1087,23	88,00	956,76	130,47
Регістрова вода	26413,5	0,1884	49,76	26363,74
Надійшло (всього)	27500,73		1006,53	26494,2
В композ. басейн	27500,73	3,66	1006,53	26494,2
Відходить (всього)	27500,73		1006,53	26494,2

Басейн реєстрових вод:



P_1 – кількість води, що надходить з реєстрової частини, кг;

P_2 – кількість води, що надходить із сортувалки, кг;

P_3 – кількість реєстрової води, що поступає в гідророзбивач хвойної целюлози, кг;

P_4 – кількість реєстрової води, що поступає в гідророзбивач сухого браку, кг;

P_5 – кількість реєстрової води, що поступає в мішалку мокрого браку, кг;

P_6 – кількість реєстрової води, що поступає у змішувальний насос №1, кг;

P_7 – кількість реєстрової води, що поступає у змішувальний насос №2, кг;

P_8 – надлишок води, що поступає в басейн надлишкових вод, кг;

C_1, C_2, C_3 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_1 = 230079,76$ кг; $P_2 = 2320,64$ кг; $P_3 = 26413,5$ кг; $P_4 = 716,13$ кг;

$P_5 = 1598,11$ кг; $P_6 = 67737,03$ кг; $P_7 = 75561,54$ кг.

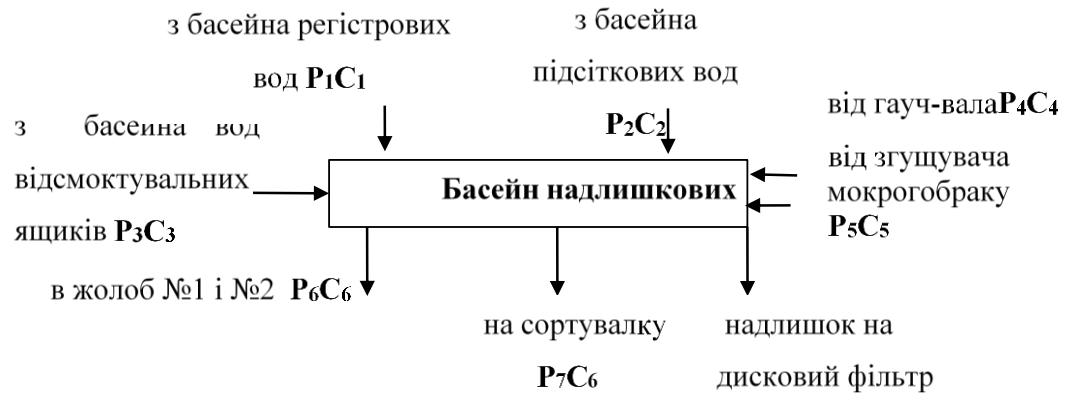
$C_1 = 0,1723$ %; $C_2 = 0,1723$ %; $C_3 = 0,1723$ %.

P_8 – ?

Розрахунки наводимо у такому вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З реєстрової частини	230079,76	0,1900	437,15	229642,61
Від сортувалки	2320,64	0,0300	0,70	2319,94
Надійшло (всього)	232400,40		437,85	231962,55
На зміш. насос №1	67737,03	0,1884	127,62	67609,41
На зміш. насос №2	75561,54	0,1884	142,36	75419,18
На г/ро-ч целюлози	26413,50	0,1884	49,76	26363,74
На г/ро-ч сухого браку	716,13	0,1884	1,35	714,78
На гауч-мішалку	1598,11	0,1884	3,01	1595,10
В басейн надл. вод	60374,09	0,1884	113,75	60260,35
Відходить (всього)	232400,40		437,85	231962,55

Басейн надлишкових вод:



P_1 – кількість води, що надходить з басейна реєстрових вод, кг;

P_2 – кількість води, що надходить з басейна підсіткових вод, кг;

P_3 – кількість води, що надходить з вод відсмоктувальних ящиків, кг;

P_4 – кількість води, що надходить з гауч-вала, кг;

P_5 – кількість води, що надходить із згущувача мокрого браку, кг;

P_6 – кількість води, що поступає в жолоб №1 і №2, кг;

P_7 – кількість води, що поступає на сортувалку, кг;

P_8 – надлишок води, що поступає на дисковий фільтр, кг;

$C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_1 = 60374,09$ кг; $P_2 = 14720,0$ кг; $P_3 = 26052,12$ кг; $P_4 = 5126,91$ кг;

$P_5 = 1320,4$ кг; $P_6 = 84874,98$ кг; $P_7 = 868,0$ кг;

$C_1 = 0,1884$ %; $C_2 = 0,004$ %; $C_3 = 0,1$ %, $C_4 = 0,0039$ %, $C_5 = 0,04$ %.

$P_8 - ?$ $C_6 - ?$

Загальна кількість волокна = $113,75 + 0,59 + 26,05 + 0,2 + 1,85 = 142,44$ кг;

Загальна кількість маси = $60374,09 + 14720,0 + 26052,12 + 5126,91 + 1320,4 = 107593,53$ кг.

Отже, середньозважений відсоток волокна в басейні надлишкових вод

$$\frac{142,44 \times 100}{107593,53} = 0,1324 \text{ \%}.$$

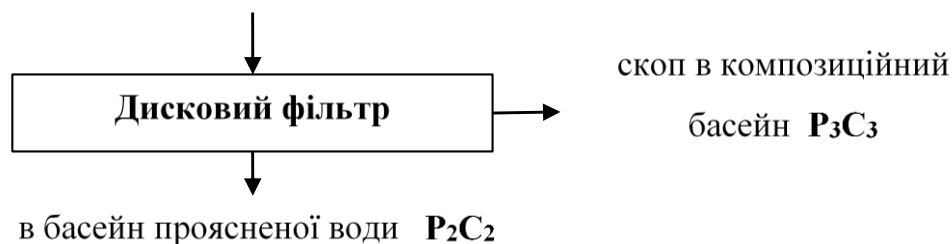
					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Розрахунки наводимо у такому вигляді

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейна реєстрових вод	60374,09	0,1884	113,75	60260,35
З басейна підсіткових вод	14720,00	0,0040	0,59	14719,41
З басейна вод відсм. ящиків	26052,12	0,1000	26,05	26026,07
З гауч-вала	5126,91	0,0039	0,20	5126,71
Від згущувача мокрого браку	1320,40	0,1400	1,85	1318,55
Надійшло (всього)	107593,53		142,44	107451,09
В жолоб №1 і №2	84874,98	0,1324	112,36	84762,62
На сортувалку	868,00	0,1324	1,15	866,85
На дисковий фільтр	21850,55	0,1324	28,93	21821,62
Відходить (всього)	107593,53		142,44	107451,09

Дисковий фільтр:

із басейна надлишкових вод P_1C_1



P_1 – кількість води, що надходить з басейну надлишкових вод, кг;

P_2 – кількість маси, що поступає в басейн проясненої води, кг;

P_3 – кількість скопу, що поступає в композиційний басейн, кг;

C_1, C_2, C_3 – відсоток волокна у відповідних потоках, %.

$P_1 = 21850,55$ кг; $C_1 = 0,1324$ %; $C_2 = 0,001$ %; $C_3 = 3,66$ %.

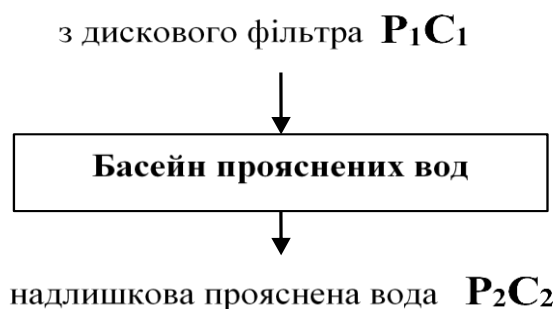
P_2 –? P_3 –?

Розрахунки наводимо у такому вигляді:

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну надл. вод	21850,55	0,1324	28,93	21821,62
Надійшло (всього)	21850,55		28,93	21821,62
Скоп в композ. басейн	784,58	3,66	28,72	755,87
В басейн освітлених вод	21065,97	0,0010	0,21	21065,75
Відходить (всього)	21850,55		28,93	21821,62

Басейн прояснених вод:



P_1 – кількість води, що надходить з дискового фільтра, кг;

P_2 – кількість надлишкової води, що використовується при виробництві картону, кг;

C_1, C_2 – відсоток волокна у відповідних потоках.

$P_1 = 21065,97$ кг. $C_1 = 0,001$ %; $C_2 = 0,001$ %.

P_2 – ?

Результати розрахунків наводимо у наступному вигляді:

	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після дискового фільтра	21065,97	0,001	0,21	21065,75
Надійшло (всього)	21065,97		0,21	21065,75
На очисні споруди	21065,97	0,001	0,21	21065,75
Відходить (всього)	21065,97		0,21	21065,75

Результати зведеного матеріального балансу волокна і води

В табл. 3.2 наведені результати зведеного балансу волокна. В табл. 3.3 наведені результати зведеного балансу води.

Таблиця 3.2 – Результати зведеного балансу волокна

Волокно (абс.сух.), кг	Надходження	Витрата
Хвойна целюлоза (вибілена)	956,76	
Всього:	956,76	
Готова продукція		924,50
Відходи центриклинерів III ступеня		1,01
З пресовими водами		2,50
З водою після промивання сукон		0,07
З надлишковими водами		0,21
Відходи сортувалки (в цех виробництва картону)		28,48
Всього:		956,76

Таблиця 3.3 – Результати зведеного балансу води

Вода, кг	Надходження	Витрата
З хвойною целюлозою	130,47	
Свіжа вода на промивання сіток	14 720,00	
Свіжа вода на відсічки відсмоктуючих ящиків	7 830,00	
Свіжа вода на промивання сукна	6 500,00	
Свіжа вода на відсічки в гаучі	2 880,00	
Всього:	32 060,47	
З готовою продукцією		75,50
З парою в процесі сушіння		1122,19

З відходами центриклинерів III ступеня	149,00
З пресовими водами	2081,11
Вода після промивання сукон	6499,94
Надлишкові води	21065,75
З відходами сортувалки (в цех виробництва картону)	1066,98
Всього:	32 060,46

Для розрахунку безповоротних втрат волокна потрібно врахувати всі його втрати для даного виробництва. В даному випадку вони становлять:

$$B = CB - ГП = 956,76 - 924,5 = 32,26 \text{ кг.}$$

де СВ – кількість свіжого волокна, кг;

ГП – кількість готової продукції, кг;

В – відходи виробництва, кг.

Якщо врахувати, що відходи центриклинерів III ступеня (1,01 кг) не відносяться до волокна, а відходи сортувалки (28,48 кг) будуть використані в межах комбінату, наприклад в цеху виробництва картону, то величина безповоротних втрат волокна може бути зменшена, а саме:

$$B = 956,76 - 924,5 - 1,01 - 28,48 = 2,77 \text{ кг.}$$

В цьому випадку вимої волокна (ВВ) становлять:

$$BB = \frac{B \times 100}{CB} = \frac{2,77 \times 100}{956,76} = 0,29 \text{ \%}.$$

3.4 Тепловий баланс

Вихідні дані:

Продуктивність, кг/год	$G =$	12255,3
Початкова вологість матеріалу, %	$W_1 =$	44,2
Кінцева вологість матеріалу, %	$W_2 =$	7,55
Початкова температура матеріалу, °C	$t_1 =$	20
Початкова температура повітря, °C	$\theta_1 =$	10
Початкова вологість повітря	$F_1 =$	0,4
Кінцева температура повітря, °C	$\theta_4 =$	70
Кінцева вологість повітря	$F_2 =$	0,84
Температура повітря після теплообмінника, °C	$\theta_2 =$	30
Температура гріючої пари, °C	$\theta_{\text{пари}} =$	130

Тепловий баланс контактного сушіння:

Прихід тепла

кДж/год

1. З парою, що надходить в сушильні циліндри	24666889,19
2. З парою, що надходить в калорифер	2373149,763
3. Тепло, використане в теплообміннику	1404343,815
Разом:	28444382,77

Витрати тепла

1. На нагрівання матеріалу	2330035,618
2. На сушіння в 2-му та 3-му періодах	21723049
3. На втрати в навколишнє середовище	178266,7033
4. На втрати з невикористаним повітрям	140434,3815
5. На нагрівання повітря в теплообміннику	1404343,815
6. На втрати з повітрям, що відходить	2668253,248
Разом:	28444382,77

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Результати розрахунку:

Витрати пари в сушильній частині, кг/год	$D_1 =$	11235,7664
Витрати пари в калориферах, кг/год	$D_2 =$	1080,96956
Спільні витрати пари, кг/год	$D =$	12316,73596
Витрати пари на 1 кг матеріалу, кг/год	$D_{уд} =$	1,005013011
Кількість повітря на сушіння, кг/год	$L =$	69798,31667
Кількість свіжого повітря, кг/год	$L_9 =$	76778,14834
Поверхня теплопередачі для нагрівання, m^2	$F_1 =$	29,58775388
Поверхня теплопередачі для сушіння, m^2	$F_{2,3} =$	351,9110853
Спільна поверхня теплопередачі, m^2	$F =$	381,4988391
Температура повітря на вході в сушильну частину, $^{\circ}C$	$\theta_3 =$	63,79727582
Температура матеріалу за сушіння з пост. швидкістю, $^{\circ}C$	$t_2 =$	60
Сер. Температура матеріалу в 2-му та 3-му періодах, $^{\circ}C$	$t_4 =$	78,9
Середня температура матеріалу, $^{\circ}C$	$t_5 =$	40
Температура матеріалу після сушіння, $^{\circ}C$	$t_3 =$	113,55

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

4 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Папероробна машина

Для виробництва мішкового паперу марки М-70 А обрано модернізовану папероробну машину фірми «Valmet» [2]. Папероробна машина складається з наступних частин: сіткової, пресової та сушильної.

Сіткова частина включає в себе: грудний вал діаметром 1000 мм; формуючу дошку шириною 500 мм; вісім гідропланок, встановлених під кутом $1 - 2^\circ$ до площини сітки; три відсмоктувальні ящики; ящик «ротабель»; двокамерний гауч-вал діаметром 800 мм; сітка – синтетична, фірми Huysk Corporation, виготовлена з тканини «Формекс», безшовна [5].

Пресова частина представлена двома пресами – комбінованим трьохвальним та башмачним. Трьохвальний прес включає в себе нижній вал з глухими отворами, середній відсмоктувальний трикамерний вал та верхній вал з твердим покриттям (замінником граніту). Башмачний прес включає в себе вали з глухими отворами [7].

Сушильна частина папероробної машини – двоярусна, циліндричного типу, складається із 51 сушильного циліндру діаметром 1500 мм з товщиною стінки 25 мм, та 14 сукносушильних циліндрів. Сушильна частина поділена на попередню сушильну частину та досушувальну. Перша складається з 5 секцій по 7 сушильних циліндрів в кожній, друга – з 2 секцій по 8 сушильних циліндрів.

Машина оснащена механічним приводом, допоміжним устаткуванням, електроприводом та системою автоматизації Paper IQ Plus [2].

Технічні характеристики папероробної машини:

- обрізна ширина – 6300 мм;
- робоча швидкість – 500 – 550 м/хв;
- максимальна продуктивність – 490 т/добу;
- число сушильних циліндрів – 51;
- вага – 3000 т.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Розрахуємо продуктивність машини:

$$Q_{\text{год}} = 0,06 \times B_0 \times v \times q \times K_1 \times K_2$$

де 0,06 – коефіцієнт для переведення швидкості за часом (хвилини в години)
та маси 1 м² паперу (грами в кілограми);

B_0 – обрізна ширина полотна паперу, м;

v – швидкість машини, м/хв;

q – маса 1 м² полотна, г/м²;

$K_1 = 0,90$ – коефіцієнт, що враховує холостий хід машини;

$K_2 = 0,95 - 0,98$ – коефіцієнт використання максимальної швидкості машини.

Розрахуємо годинну продуктивність папероробної машини:

$$Q_{\text{год}} = 0,06 \times 6,30 \times 525 \times 70 \times 0,9 \times 0,98 = 12255,3 \text{ кг/год}$$

Тоді добова продуктивність машини становить:

$$Q_d = Q_{\text{год}} \times t_d = 12255,3 \times 23 = 282298,9 \text{ кг/добу} \approx 282,3 \text{ т/добу}$$

де $t_d = 23$ – кількість годин безперервної роботи машини за добу.

Тоді планова річна продуктивність становить:

$$PP = Q_d \times T_{\text{еф}} = 282,3 \times 345 = 97\,394 \text{ т/рік}$$

де $T_{\text{еф}} = 345$ – кількість днів безперервної роботи машини за рік.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Гідророзбивач

Для розпуску хвойної целюлози обираємо гідророзбивач типу ГРВн-64 [1], що має наступні характеристики:

- місткість ванни – 64 м³;
- продуктивність – 300 – 640 т/добу;
- потужність електродвигуна – 630 кВт.

Кількість гідрозбивачів типу ГРВн-64 розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{доб ГРВ}}} = \frac{282,3}{300} = 1 \text{ шт.}$$

Для розпуску сухого браку встановлюємо гідророзбивач типу ГРВн-6, який має наступні технічні характеристики:

- місткість ванни – 6 м³;
- продуктивність – 18 – 60 т/добу;
- потужність електродвигуна – 75 кВт;
- діаметр отворів сита – 3, 6, 12 мм;
- матеріал – нержавіюча сталь.

Кількість гідрозбивачів типу ГРВн-6 розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{доб ГРВ}}} = 282,3 \times \frac{0,028}{18} = 1 \text{ шт.}$$

Дисковий млин

Обираємо здвоєний дисковий млин МДС-33 [1], який має наступні технічні характеристики:

- продуктивність – 110 – 400 т/добу;
- діаметр дисків – 1000 мм;
- потужність електродвигуна – 1000 кВт;
- частота обертання ротора – 600 хв⁻¹;

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

- окружна швидкість ротора – 31,4 м/с;

- маса – не більше 22000 кг.

Розрахуємо кількість млинів МДС-33 для хвойної целюлози. Її початковий ступінь млива становить 10 – 12 °ШР, кінцевий – 35 – 36 °ШР. Приріст ступеня млива на кожному млині становить близько 8 °ШР. Таким чином кількість млинів для хвойної целюлози становить:

$$K = \frac{\Delta \text{СП}_{70\text{в.}}}{\Delta \text{СП}_{\text{на 1 млині}}} = \frac{35,5 - 11}{8} = 3,1 \approx 4 \text{ млини.}$$

Установка вихрових конічних очисників

За добовою продуктивністю обираємо установку вихрових конічних очисників марки УВК-300-02 [1].

Технічні характеристики:

- продуктивність – 300 т/добу;
- пропускна здатність очисника – 400 л/хв;
- діаметр очисника – 160 мм;
- тиск на вході – 0,2 – 0,25 Мпа;
- кількість очисників за ступенями – I – 114, II – 32, III – 6;
- секцій першого ступеня – 3;
- габаритні розміри: 7,90 × 5,33 × 3,15 мм;
- маса – 35,30 т.

Кількість установок вихрових конічних очисників марки УВК-300-02 розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{доб}}^{\text{УВК}}} = 282,2/300 \approx 1 \text{ шт.}$$

Вузловловлювач

Виходячи із добової продуктивності папероробної машини обираємо

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

вузловловлювач ВЗ-15 [1]. Його технічні характеристики наведені нижче:

- продуктивність – 100 – 400 т/добу;
- площа сита – 5,60 м²;
- концентрація маси – 1,3 %;
- перепад тиску – 0,02 – 0,05 Мпа;
- кількість лопатей – 6 шт.;
- частота обертання ротора – 210 хв⁻¹;
- потужність електродвигуна – 75 кВт;
- габаритні розміри – 4,01 × 3,03 × 2,65 м;
- маса – 8,3 т.

Розрахуємо кількість ВЗ-15. Для цього використаємо наступну формулу:

$$N = \frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{доб ВЗ}}} = 282,3/285 \approx 1 \text{ шт.}$$

Сортувалка

Обираємо вібраційну сортувалку ВС-0,5 [12], яка має наступні технічні характеристики:

- продуктивність – 7,5 – 15 т/добу;
- площа поверхні сита – 0,5 м²;
- масова частка волокна на вході – 7,0 – 15 %;
- діаметр отворів сита – 3,0 – 5,0 мм;
- частота коливань сита – 2,7 мм;
- потужність електродвигуна – 0,75 кВт.

Кількість сортувалок ВС-0,5 розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{доб СВ}}} = 282,3 \times 0,026/7,5 \approx 1 \text{ шт.}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Напірний ящик

Розрахуємо необхідний напір маси в напірному ящику:

$$H = \left(\frac{\kappa_M \cdot \kappa_C}{60\mu} \right)^2 \cdot \frac{v^2}{2g},$$

де v – середня швидкість машини, м/хв;

κ_M – коефіцієнт відставання маси від швидкості сітки (0,9 – 1,0);

κ_C – коефіцієнт відставання сітки від швидкості паперу на накаті (0,85 – 0,95);

μ – коефіцієнт витікання маси (0,90 – 0,95);

g – прискорення вільного падіння, м/с².

$$H = \left(\frac{0,95 \times 0,9}{60 \times 0,93} \right)^2 \times \frac{525^2}{2 \times 9,8} = 3,3 \text{ м.}$$

Отже, встановлюємо напірний ящик закритого типу, оскільки $H \geq 1,5$ м.

Обираємо напірний ящик SymFlo [2], який має наступні характеристики:

- ширина потоку – до 3780 мм;
- проектна швидкість – до 800 м/хв;
- концентрація волокна – 0,5 – 0,85 %.

Поздовжньо-різальний верстат

Обираємо поздовжньо-різальний верстат фірми Parcel для розрізання мішкового паперу [13].

Технічні характеристики:

- маса 1 м² паперу – 50 – 120 г;
- робоча швидкість – 350 – 580 м/хв;
- продуктивність – 220 – 420 т/добу.

Пульсаційний млин

Обираємо пульсаційний млин МП-00 [7], який має наступні технічні

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

характеристики:

- продуктивність – 5 – 25 т/добу;
- діаметр ротора – 190 мм;
- кількість робочих зон – 3 шт.;
- частота обертання ротора – 3000 об/хв;
- габаритні розміри – $1,57 \times 0,41 \times 0,58$ мм;
- маса – 0,68 т.

Кількість пульсацій них млинів розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{доб}} \text{МП}} = 282,3 \times 0,027/20 \approx 1 \text{ шт.}$$

Згущувач

Обираємо згущувач шаберний СШ-06-01 [7], що має наступні характеристики:

- продуктивність – 20 – 25 т/добу;
- концентрація волокна на вході – 0,4 – 1,0 %;
на виході – 5,0 – 7,0 %;
- параметри сіткового циліндра:
діаметр – 1,25 м;
довжина – 1,5 м;
- площа бічної поверхні – 6 м²;
- частота обертання барабана – 14,4 об/хв;
- споживча потужність – 2,2 кВт;
- габаритні розміри – $3,55 \times 2,25 \times 2,56$ м.

Розрахуємо кількість згущувачів шаберних СШ-06-01:

$$N = \frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{доб}} \text{СШ}} = 282,3 \times 0,028/20 \approx 1 \text{ шт.}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

5 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ

Будівля папероробного цеху збірна залізобетонна. Будівля двоповерхова, сітка колон на першому поверсі 6×6 , на другому – 30×6 та 6×6 . Довжина будівлі 96 м, висота – 23,3 м, ширина – 36 м. В цеху встановлено кран вантажопідйомністю 80 т, відмітка голівки кранового рельсу становить 17,5 м.

Стіни великопанельні з одношарових газобетонних панелей, товщиною 200 мм.

У відповідності зі СНиП II №272 будівля має два евакуаційних виходи, не враховуючи воріт для залізничного складу. Двері відкриваються назовні. Розміри сходових маршів 1,4 м, дверей – 0,7 м. Залізничні ворота проектується висотою 6 м та шириною 5 м. Вікна окремі, з розмірами на першому поверсі 3000×2400 мм, а на другому – 3000×3600 мм.

Прив'язка колон крайніх рядів і зовнішніх стін до повздовжніх розбивочних осей А та Є – 0 мм. Колони при торцевих зовнішніх стінах і при поперечному деформаційному шві зміщені від поперечних розбивочних осей 1, 7, 14, 19, 22 на 500 мм.

Колони залізобетонні прямокутного перерізу 400×600 мм; крок колон – 6 м; фундамент колон залізобетонний, стаканного типу.

В якості несучих конструкцій на першому поверсі прийняті залізобетонні ригелі 6 м та плити перекриття $1,5 \times 6$ м, на другому поверсі – залізобетонні ферми (для прогона 30 м) та підстропильні балки перекриття (для прогона 6 м). Покриття зі збірних залізобетонних плит 3×6 м.

При комплектуванні устаткування врахована прив'язка його до спеціальної конструкції будівлі.

У цеху передбачено 2 монтажних отвори для ремонтних цілей і установка мостового крана.

Проектом передбачено розміщення допоміжних приміщень усередині виробничих будівель. На першому поверсі розміщені машинні басейни, насоси.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

На другому поверсі розміщено папероробну машину.

Будівля цеху розділена трьома температурними швами. Ширина допоміжних приміщень 6 м, висота – 4,2 м. Передбачено штучне освітлення душових, туалетів і роздягалень, гардеробні приміщення призначені для зберігання особистих речей та спецодягу, для чого передбачаються шафи висотою 165 см, шириною 60 см, довжиною 60 см. Душові розміщені суміжно з гардеробом.

Допоміжні приміщення опалюються в холодний період року, в приміщеннях душових передбачено вентиляцію.

Допоміжні підсобні приміщення призначені для культурно-побутового обслуговування робітників. Крім усього перерахованого слід зауважити, що ПРЦ належить до третьої групи виробничих процесів, де передбачаються побутові приміщення, кабінети для начальника цеху, технолога, начальника ремонтних служб, кімната майстрів та ін [12].

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

6 ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Виробництво паперу належить до галузей промисловості, що використовує велику кількість води. У всіх процесах паперового виробництва вода відіграє важливу роль.

Залежно від виду паперу, що випускається, витрата свіжої води на 1 т готової продукції коливається в дуже широких межах і становить від декількох м³ до 1000 і більше.

В запропонованому технологічному потоці свіжа вода використовується на промивання сукон, для відсічок на відсмоктувальних ящиках та гауч-валі.

Внаслідок різного складу води, що відходять від різних ділянок папероробної машини, вони розділяються на три потоки. До першого потоку належать вода, що відходить від формуючої частини машини. Це найбільш потужний потік, який містить найбільш високу, у порівнянні з іншими потоками, концентрацію дрібного волокна. Ця вода використовується, насамперед, для розбавлення паперової маси в робочому басейні, перед її сортуванням і перед відливом полотна паперу.

До другого потоку належить вода з більш низьким вмістом волокна, а також надлишкова вода від відсмоктувальних ящиків, гауч-вала й води від промивання сітки. Ця вода використовується в розмелювально-підготовчому відділі для розбавлення паперової маси й для розпускання паперового браку. Невикористану воду цього потоку направляють на прояснення, після чого вона може бути використовується для подачі на спорски сітки.

Скоп, що містить, значну кількість волокна утворений в процесі прояснення води, повертається частково назад у технологічний процес, а частина скопу направляється у інший цех для виготовлення картону.

До третього потоку, який зазвичай направляється на загальнозаводське очищення, належить порівняно невелика кількість забрудненої води з відносно низьким вмістом у ній волокна. Це води від мокрих пресів, а також води від

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

промивання сукон. Ці води, що містять синтетичні або вовняні волокна не можуть без додаткового очищення бути використані при виробництві високоякісних видів продукції.

На виробництві в залах папероробних машин наявне надлишкове виділення тепла від сушильних частин машини, електродвигунів, приводів та інше, а також вологовиділення з сушильної і мокрої частин машини та іншого обладнання.

У зв'язку з наявністю в залах папероробних (картоноробних) машин значних втрат тепла, в них проектується тільки чергове опалення (теплорегенераційними агрегатами).

Вологовиділення з мокрої частини машини залежать від температури маси, що подається на сітку, і від швидкості машини. З підвищенням швидкості машини вологовиділення різко збільшується.

Для локалізації водяної пари і тепла папероробних машин сушильну частину машини обладнано ковпаком закритого типу, а підсіткова частина машини ізолюється шляхом встановлення спеціальних вертикальних щитів від загального приміщення.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті розроблено технологічний потік з виробництва мішкового паперу марки М-70А в системі ТОВ «Понінківська картонно-паперова фабрика – Україна» продуктивністю 97 тис. т/рік з метою забезпечення потреб у ньому власного ринку.

1. Розроблено та описано технологічну схему виробництва мішкового паперу, згідно з якою пропонується:

- у пресовій частині машини встановити комбінований трьохвальний прес та прес башмачного типу, що дозволяє зменшити габарити пресової частини машини та сприяє підвищенню сухості паперового полотна до 44,2 %, за рахунок трьох зон пресування;

- в сушильній частині встановлено пристрій для мікрокрепування Expanda, що дозволяє підвищити видовження паперу до 8 – 12 %.

2. Наведено характеристику сировини, хімікатів та готової продукції

3. Запропоновано короткі теоретичні відомості про основні технологічні процеси виробництва мішкового паперу, а саме теорію розмелювання волокнистих напівфабрикатів, формування паперового полотна, теорію пресування та сушіння паперу, а також про особливості виробництва даного виду мішкового паперу.

4. Виконано розрахунки матеріального та теплового балансів, згідно з якими для виробництва 1 т повітряно-сухого мішкового паперу необхідно: сульфатної хвойної невібіленої целюлози марки НС-2 із вмістом абсолютно-сухого волокна – 956,76 кг, води – 32,1 м³, з якої свіжої – 31,9 м³, а також викоритовується тепла – 28444382,77 кДж/год.

5. Вибрано та розраховано основне технологічне обладнання для виробництва мішкового паперу. Запропоновано об'ємно-планувальне рішення будівлі цеху та описано заходи щодо охорони навколишнього середовища.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону: Навчальний посібник для вузів. – К.: ЕКМО, 2002 – 396 с.
2. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. В 3 т. – СПб.: Политехника, 2005 – 315 с.
3. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://есо-paper.kpi.ua>.
4. Електронний ресурс. Режим доступу: pkpf.com.ua.
5. Фляте Д. М. Технология бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 1988 – 440 с.
6. Иванов С. Н. Технология бумаги. – 2-е изд., М.: Лесн. пром-сть, 1970 – 696 с.
7. Бумагоделательное оборудование. Каталог. – ЗАО «Петрозаводскмаш».: Издательство «Скандинавия», 2002 – 196 с.
8. ГОСТ 11208 – 82. Целлюлоза древесная (хвойная) сульфатная небеленая. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1983 – 6 с.
9. ГОСТ 12966 – 85. Алюминия сульфат технический очищенный. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1987 – 10 с.
10. ГОСТ 2228. Бумага мешочная. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1983 – 6 с.
11. Плосконос В. Г., Примаков С. П., Черьопкіна Р. І., Антоненко Л. П., Мовчанюк О. М. Технологія паперу та картону: метод. вказівки до виконання розрахунків матеріального балансу води і волокна для студентів напряму підготовки 0513 – хімічна технологія програми професійного спрямування "Хімічна технологія переробки деревини та рослинної сировини" – К.: НТУУ "КПІ", 2011 – 66 с.
12. Жудро С. Г. Технологическое проектирование целлюлозно-бумажных предприятий. Изд. 2-е, переработ. – М.: Лесн. пром-сть, 1970 – 224 с.
13. Електронний ресурс. Режим доступу: www.parcel.ru

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ДОДАТОК А

Форм.	Зона	Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка				
		1	Гідророздівач ГРВн-64	1					
		2	Басейн розпущеної маси	1					
		3	Дисковий млин МДС-33	4					
		4	Басейн розмеленої маси	2					
		5	Композиційний басейн	1					
		6	Машинний басейн	1					
		7	Бак постійного рівня	1					
		8	Змішувальний насос №2	1					
		9	Центриклинер	152					
		10	Змішувальний насос №1	1					
		11	Вузловловлювач ВЗ-15	1					
		12	Сортувалька ВС-0,5	1					
		13	Напірний ящик SymFlo	1					
		14	Грудний вал	1					
		15	Формуюча дошка	1					
		16	Гідропланка	8					
		17	Відсмоктувальний ящик	3					
		18	Ящик «Ротабель»	1					
		19	Гауч-вал	1					
		20	Комбінований трьохвальний прес	1					
		21	Башмачний прес	51					
		22	Сушильний циліндр	1					
		23	Expanda	1					
		24	Накат	1					
		25	ПРС фірми Parsel	1					
					ДП 5109.00.000 ПЗ				
Зм	Арк	№ докум	Підп.	Дата	Технологічна схема Специфікація	Літ.		Арк.	Аркушів
Разроб.		Ластов'як Ю.Я.						1	2
Перев.		Мовчанюк О.М.							
						«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ІХФ, ЛЦ-51			
Н.контр.									
Затвер.		Мавчанюк О.М.							

[illegible]